الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري
معهد الدراسات التقنية والمهنية

اساسيات المكونات الالكترونية

اعداد

د محمد سعيد ابو النصر

مشروع تنمية المهارات
PMU–SC–IA–SDP–RFP–06-02

الوحدات العالمية SI :

إن نظام الوحدات العالمية SI يبني على الوحدات الأساسية الموضحة بالجدول (1−1).

إما باقي الوحدات فإنها تشتق من الوحدات العالمية الأساسية. وبعض الوحدات المشتقة تبقى كما هي والآخر يتغير اسمه. والجدول (1−2) يبين الوحدات المشتقة والمستخدمة في الهندسة الكهربية والإلكترونية.

الجدول (١-١)

الاختصار	الوحدة	الكمية
A	Ampere	التيار
M	Metre	الطول
Cd	Candela	شدة الضوء
Kg	Kilogramme	الكتلة
°K	Degree Kelvin	درجة الحرارة
S	Second	الزمن

الجدول (١-٢)

الوحدة المكافئة	الاختصار	الوحدة	الكمية
ASV^{-1}	F	Farad	السعة
A.S	C	Coulomb	الشحن
Nm	J	Joule	الطاقة
$KgmS^{-1}$	N	Newton	القوة
S^{-1}	HZ	Hertz	التردد
VSA^{-1}	H	Henry	الحث
WA^{-1}	V	Volt	الجهد
JS^{-1}	W	Watt	القدرة
VA^{-1}	Ω	Ohm	المقاومة

المضاعفات والأجزاء :

في كثير من التطبيقات تكون الوحدة الأساسية أو المشتقة إما كبيرة جداً أو صغيرة جداً، مما يستدعى استخدام مضاعفات لهذه الوحدات أو أجزاء من هذه الوحدات، وذلك للتقليل من عدد الأصفار المستخدمة والجدول (1-3) يبين أهم المضاعفات والأجزاء المستخدمة.

الجدول (١-٣)

المضاعف أو الجزء	الوحدة	المدلول
تيرا	T	10^{12}=1000000000000
جيجا	G	10^{9}=1000000000
ميجا	M	10^{6}=1000000
كيلو	K	10^{3}=1000
سنتى	C	10^{-2}=0.01
ملى	m	10^{-3}=0.001
ميكرو	μ	10^{-6}=0.000001
نانو	n	10^{-9}=0.000000001
بيكو	P	10^{-12}=0.000000000001

مثال : الجدول (١-٤) يعرض قيماً لبعض الكميات الكهربية واختصاراتها

أجزاء ومضاعفات الوحدات			
الاسم	الرمز	القيمة الأسية	القيمة العددية
تيرا TERA	T	10^{12}	1.000.000.000.000
قيقا GIGA	G	10^{9}	1.000.000.000
ميقا MEGA	M	10^{6}	1.000.000
كيلو KILO	K	10^{3}	1.000
هيكتو HECTO	H	10^{2}	100
ديكا DEKA	DA	10^{1}	10
وحدة القياس الأساسية		10^{0}	1
د يسي DECI	D	10^{-1}	0.1
سنتي CENTI	C	10^{-2}	0.01
ميلي MILLI	M	10^{-3}	0.001
ميكرو MICRO	M	10^{-6}	0.000001
نانو NANO	N	10^{-9}	0.000000001
بيكو PICO	P	10^{-12}	0.000000000001

شكل (٢ -٢) يوضح الوحدات ومضاعفاتها

التحويل من وحدة إلي أخرى												
بداية الوحدة	الوحدة النهائية											
	G	M	K	H	DA	الوحدة الأساس	D	C	M	M	N	P
G- ٢		3 R	6 R	7 R	8 R	9 R	10 R	11 R	12 R	15 R	18 R	21 R
M	3L		3 R	4 R	5 R	6 R	7 R	8 R	9 R	12 R	15 R	18 R
K	6L	3L		1 R	2 R	3 R	4 R	5 R	6 R	9 R	12 R	15 R
H	7L	4L	1L		1 R	2 R	3 R	4 R	5 R	8 R	11 R	14 R
DA	8L	5L	2L	1L		1 R	2 R	3 R	4 R	7 R	10 R	13 R
الوحدة الأساس	9L	6L	3L	2L	1L		1 R	2 R	3 R	6 R	9 R	12 R
D	10 L	7L	4L	3L	2L	1L		1 R	2 R	5 R	8 R	11 R
C	11 L	8L	5L	4L	3L	2L	1L		1 R	4 R	7 R	10 R
M	12 L	9L	6L	5L	4L	3L	2L	1L		3 R	6 R	9 R
M	15 L	12 L	9L	8L	7L	6L	5L	4L	3L		3 R	6 R
N	18 L	15 L	12 L	11 L	10 L	9L	8L	7L	6L	3L		3 R
P	21 L	18 L	15 L	14 L	13 L	12 L	11 L	10 L	9L	6L	3L	

- الحرف R يعني تحريك الفاصلة لليمين للقيمة المراد تحويلها بقدر العدد المرافق للحرف.
- الحرف L يعني تحريك الفاصلة لليسار للقيمة المراد تحويلها بقدر العدد المرافق للحرف.

شكل (٢ -٢) طريقة التحويل من وحدة إلى أخرى

مثال: حول القيم التالية:

200KA= A

0.005A= MA

الحل :

باستخدام الجدول أعلاه نجد الرمز 3R وهذا يعني تحريك الفاصلة لليمين ثلاث خانات ليكون الحل

هو : 200KA= 200000A

وفي المسألة الثانية نجد الرمز 3R إذا اتجهنا من الوحدة الأساسية A إلى المللي M ليكون الحل هو :

0.005A= 5MA

الجدول (١-٤)

الكمية	القيمة المختصرة	القيم قبل الاختصار
تردد موجه	3.5KHZ	3500HZ
المقاومة	1.5MΩ	1500000Ω
سعة مكثف	100nF	0.000000100F
شدة تيار	35μA	0.000035A
حث ملف	30mH	0.030H

قانون أوم Ohm's Law :

قـــانون "أوم" يعطي العلاقة بين فرق الجهد V وبين طرفي مقاومة R يمر فيها تيار شدته I، وهي كالآتي :

1.1 ← (V) R . I= V

حيث إن :

فرق الجهد بالفولت (V)	V
المقاومة بالأوم (Ω)	R
التيار بالأمبير (A)	I

فإذا كان فرق الجهد بين طرفي مقاومة مقدارها 1.2KΩ هو 12V فإن شدة التيار هي :

R/V = I

A0.01 = 1000*1.2/12 = I

القدرة المستهلكة Consumed Power :

عند مرور تيار كهربي I في مقاومة R تتولد كمية من الحرارة، وهذه الحرارة تمثل القدرة المستهلكة في هذه المقاومة، وتعرف من العلاقة التالية :

$$P = I^2 R \ (W) \rightarrow 1.2$$

فمثلاً: إذا مر تيار شدته 5A في مقاومة مقدارها 1Ω فإن القدرة المستهلكة في هذه المقاومة تساوي:

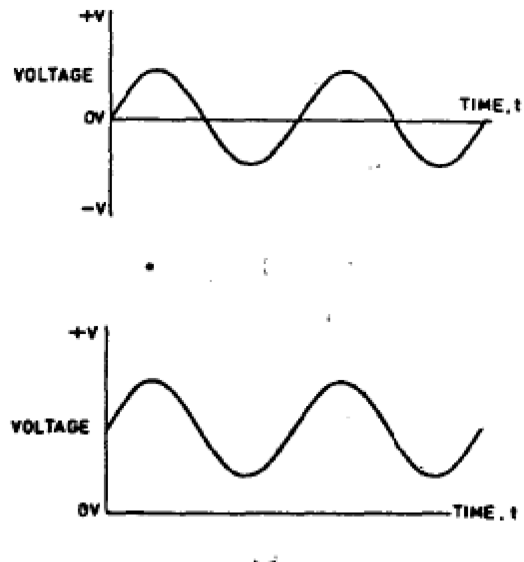
$$P = (5)^2 \times 1 = 25W$$

التيار المستمر والتيار المتردد Direct and Alternating Current :

التيار المستمر: هو التيار الذي يمر في اتجاه واحد، وذلك من النقطة الأعلى جهداً إلى النقطة الأقل جهداً، علماً بأن اتجاه مرور الإلكترونيات هو عكس اتجاه مرور التيار، وأهم مصادر التيار المستمر البطاريات؛ وذلك لأن قطبيتها ثابتة بصفة مستديمة.

أما التيار المتردد: فهو التيار الذي يمر في اتجاهين، فيمر في الاتجاه الأول لفترة زمنية معينة، ثم بعد ذلك يمر في الاتجاه العكسي لفترة زمنية أخرى، ويتكرر ذلك طول فترة مرور التيار المتردد. وقد يتساوى زمن مرور التيار في الاتجاهين الأمامي والعكسي، وقد يختلف. وهذا يعتمد على شكل موجة التيار، علماً بأن قطبية مصدر التيار المتردد تتغير تتابعياً بصفة مستديمة.

والشكل (1-1) يبين موجة جهد كهربي متردد (أ)، لأن قيمته تتغير من موجب إلى سالب من لحظة لأخرى، وموجة جهد مستمر (ب)، لأن قيمته موجبة باستمرار.



شكل (١-١)

الموجات Wave Forms :

يطلق لفظ "موجة" على منحني الجهد أو التيار ذات القيم المتغيرة بمرور الزمن. وهناك أنواع كثيرة من الموجات التي سنتعامل معها في الدوائر الإلكترونية، أشهرها مبينة بالشكل (2-1)

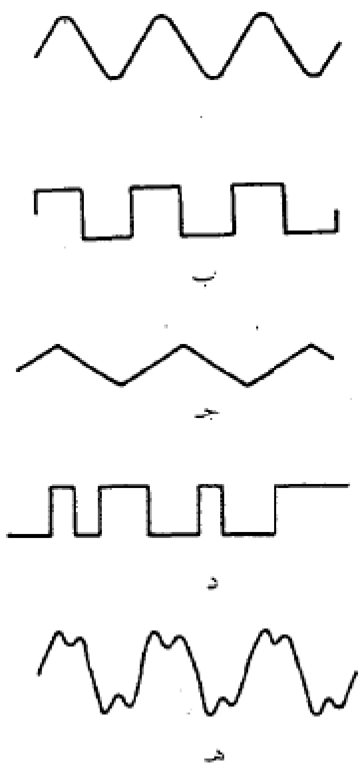
موجة جيبية أ

موجة مربعة ذات زمن دوري ثابت ب

موجة مثلثة ج

موجة مربعة ذات زمن دوري متغير د

موجة مركبة هـ

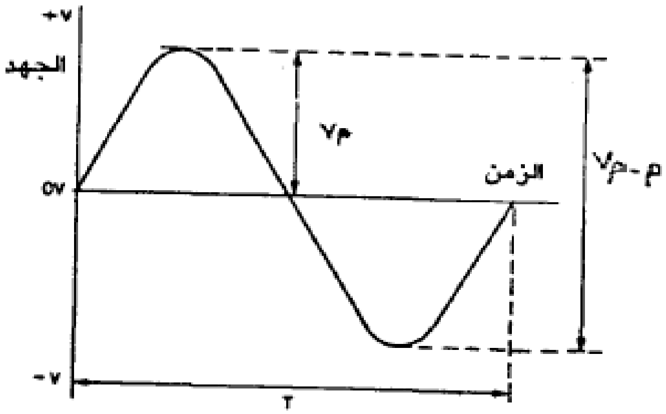


شكل (١-٢)

التردد والزمن الدوري Frequency and Periodic Time :

التردد : هو عدد الدورات التي تتكرر خلال فترة زمنية محددة. ويقاس التردد بوحدة الهيرتز (HZ) وتعرف وحدة الهيرتز بأنها دورة واحدة في الثانية، في حين يعرف التردد بأنه عدد الدورات الكاملة في الثانية الواحدة. فإذا قيل إن تردد موجة هو 50HZ يعني أن عدد الدورات في الثانية هو 50.

والشكل (3−1) يبين شكل دورة واحدة من موجة جيبية.



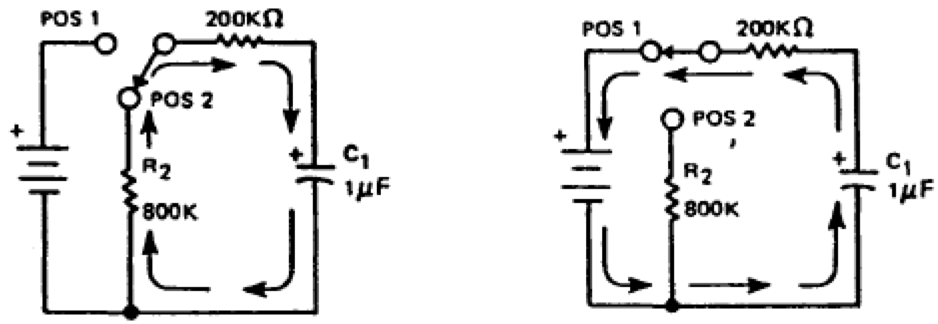
القيمة المتوسطة (Va)	Average value
القيمة العظمى (Vp)	Peak value
قيمة القمة للقمة (Vp-p)	Peak - peak value
القيمة الفعالة (Vr.m.s)	R.M.S value

وعادة فإننا نتعامل مع القيمة الفعالة في دوائر التيار المتردد، وذلك لأن أجهزة القياس تقرأ القيمة الفعالة في دوائر التيار المتردد. بينما نتعامل مع القيمة المتوسطة في دوائر التيار المستمر، وذلك لأن أجهزة القياس تقرأ القيمة المتوسطة في دوائر التيار المستمر.

Va = 0.9 Vr.m.s
Vp = 1.414 Vr.m.s
Vp-p = 2.828 Vr.m.s

دوائر المقاومة والمكثف :

الشكل (4-1) يعرض دائرة تحتوي على مقاومتين R2 وR1 ومفتاح قطب واحد بسكتين S1 ومكثف C1، وبطارية A في حالتين : الحالة الأولى (أ) عندما يكون S1 على POS1 وفيها تقوم البطارية A بشحن المكثف C1، والحالة (ب) عندما يكون S1 على POS2، وفيها يقوم المكثف بتفريغ شحنته في المقاومة R1.



ويقدر الزمن اللازم لصعود الجهد على أطراف المكثف C من 0V إلى جهد البطارية V بخمس مرات ثابت الزمن، ويعرف ثابت الزمن من المعادلة التالية :

$$T_r = R_1 C_1 (S) \longrightarrow 1.4$$

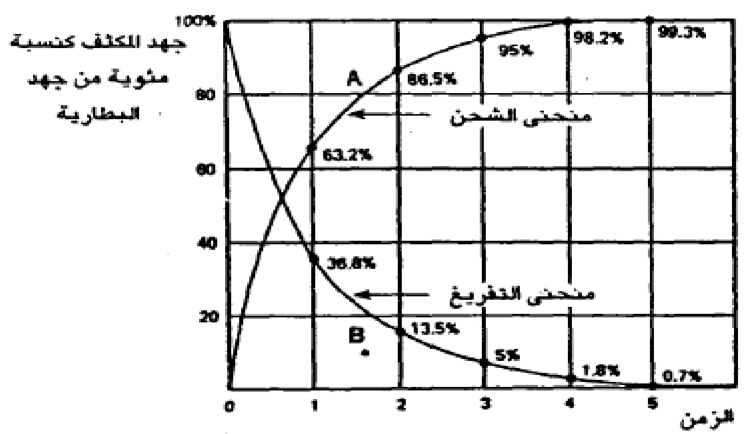
$$= 200 \times 1000 \times 0.000001$$

$$= 0.2S$$

$$T_d = R_1 C_1 (S) \longrightarrow 1.5$$

$$T_d = 800 \times 1000 \times 0.000001$$

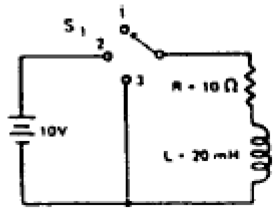
$$= 0.8S$$



شكل (١-٥)

دائرة المقاومة والملف :

الشكل (1-6) يعرض دائرة تحتوي على مقاومة R وملف L وبطارية ومفتاح S1.



شكل (١ - ٦)

فعند وضع المفتاح S1 على الوضع 2 فإن فرق الجهد على أطراف الملف L سيكون مساوياً لجهد البطارية في البداية، ويتناقص وصولاً للصفر في فترة زمنية تساوي خمس مرات ثابت الزمن، والذي يعرف من المعادلة التالية :

$$T = L/R\ (S) \longrightarrow 1.6$$
$$= \frac{0.02}{10} = 0.002S = 2mS$$

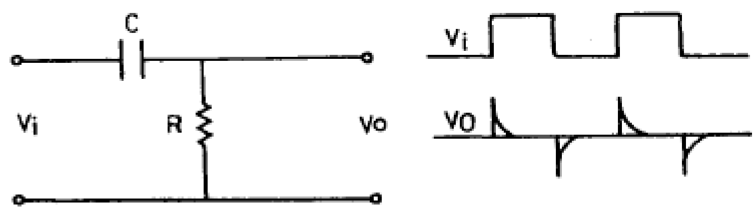
أي أن فرق الجهد على أطراف الملف سيكون مساوياً للصفر بعد 10mS من لحظة غلق المفتاح S1 في حين يزداد التيار المار في الدائرة من الصفر إلى أقصى قيمة له وتساوي:

$$I_{max} = \frac{E}{R} = \frac{10}{10} = 1A$$

وذلك بعد فترة زمنية تساوي خمس مرات من ثابت الزمن، أي بعد 10mS أيضاً.

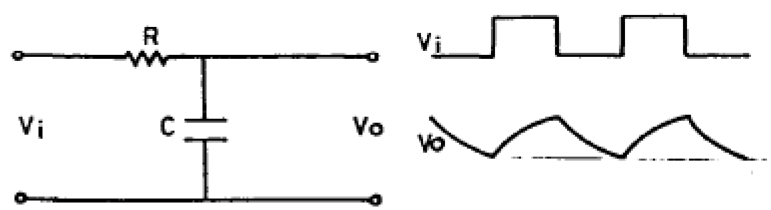
المفاضلات والمكاملات ذات المقاومة والمكثف :

يمكن بناء دائرة مفاضل بسيط من مقاومة ومكثف كما بالشكل (1-8) فعند دخول موجة مربعة عند دخله فإن خرجه يصبح نبضات موجبة في مقابلة الحافة الصاعدة لنبضة الدخل (انتقال جهد الدخل من قيمة منخفضة لقيمة عالية) ونبضة سالبة في مقابلة الحافة الهابطة لنبضة الدخل (انتقال جهد الدخل من قيمة عالية لقيمة منخفضة).



والجدير بالذكر أن خرج المفاضل هو عبارة عن مفاضلة موجة الدخل، وحتى نحصل على مفاضلة جيدة يجب أن يكون ثابت الزمن لهذه الدائرة (RC) أصغر بكثير من زمن نبضة الدخل.

وكذلك يمكن بناء مكامل بسيط من مقاومة ومكثف كما بالشكل (1-9) فعند دخول موجة مربعة عند دخلها يكون خرجها موجة مثلثة.

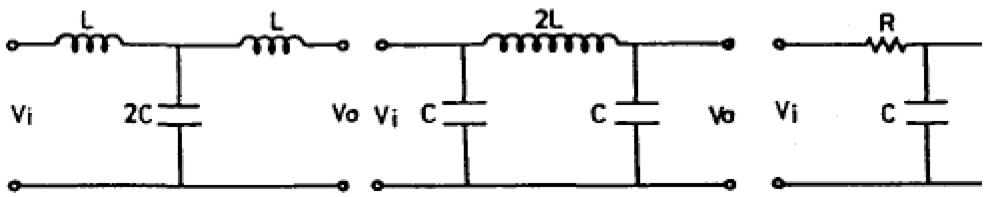


شكل (١ - ٩)

والجدير بالذكر أن خرج المكامل RC هو عبارة عن تكامل لموجة الدخل.

المرشحات الخاملة Passive Filters :

تكون الجهود في الدوائر الإلكترونية – عادة – مؤلفة من مجموعة من الموجات لكل منها تردد معين، وقد يستلزم الأمر ترشيح هذه الموجات للحصول على تردد معين أو نطاق معين من الترددات، ويمكن تحقيق ذلك باستخدام المرشحات الخاملة.



شكل (١ – ١٠)

فالشكل (1–10) يبين مرشحاً لتمرير الترددات المنخفضة، حيث يسمح هذا المرشح بإمرار الترددات المنخفضة فقط، ويكون تردد القطع Fc، وهو التردد الذي يهبط عنده جهد الخرج إلى

0.707 من جهد الدخل، ويعمل المرشح على منع إمرار الترددات الأكبر من تردد القطع Fc.

ففي الشكل (أ) يساوي :

$$Fc = \frac{1}{2\pi RC} \quad (HZ) \qquad \longrightarrow 1.7$$

وفي الشكل (ب)، (جـ) يساوي :

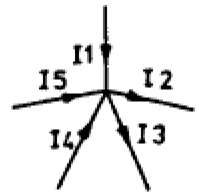
$$Fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{Lc}} \quad (HZ) \qquad \longrightarrow 1.8$$

حيث إن C بالفاراد، R بالأوم، L بالهنري.

قوانين كيرشوف Kirchhoff's Laws :

أولاً : قانون كيرشوف للتيار :

وينص على أن مجموع التيارات الداخلة عند نقطة تفرع يساوي مجموع التيارات الخارجة.



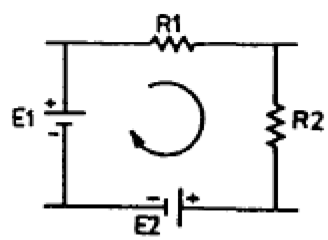
شكل (١-١١)

وبتطبيق قانون كيرشوف على نقطة التفرع المبينة بالشكل (1-11) فإن :

$$I_2 + I_3 = I_1 + I_4 + I_5$$

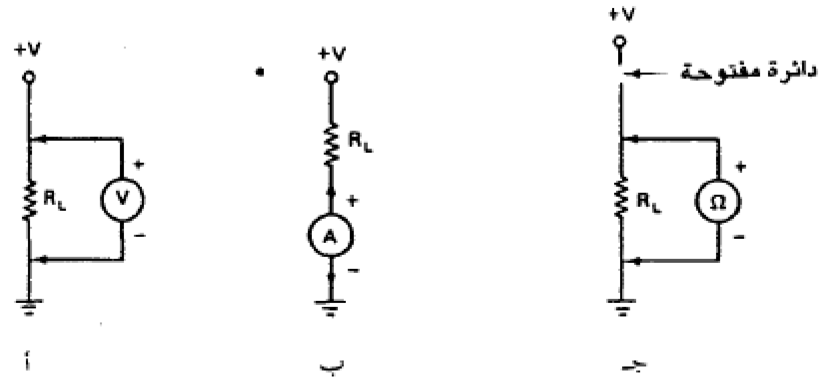
ثانياً : قانون كيرشوف للجهد :

في أي مسار مغلق لدائرة كهربية فإن مجموع الجهود المفقودة تساوي مجموع الجهود المعطاة.



أجهزة القياس المتعددة الوظائف :

يوجد عدة أنواع من الأجهزة المستخدمة لقياس الكميات الكهربية، فمثلاً جهاز الفولتميتر يستخدم لقياس فرق الجهد بين نقطتين، ويوصل بالتوازي كما بالشكل (1−13أ). أما جهاز الأميتر فيستخدم لقياس شدة التيار المار في الدائرة ويوصل بالتوالي كما بالشكل (1−13ب).



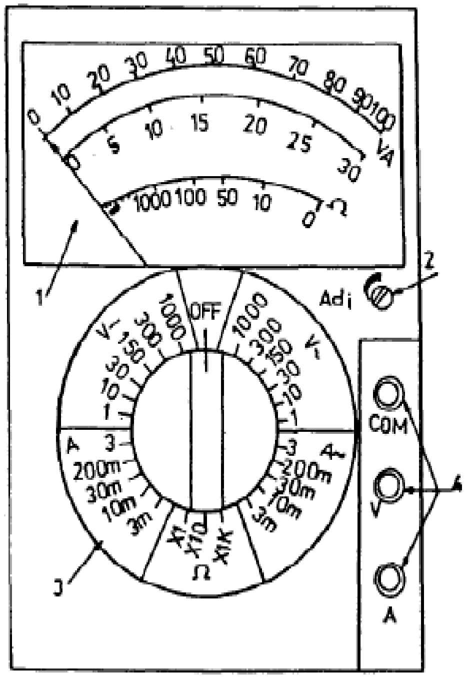
شكل (١ – ١٣)

وجهاز الأوميتر يستخدم لقياس المقاومة ويوصل مع المقاومة المراد قياس قيمتها على التوازي، وذلك بعد رفع المقاومة من الدائرة الكهربية كما بالشكل (1−13جــ). وتجمع هذه الأجهزة الثلاثة في جهاز واحد متعدد الوظائف يعرف بالآفوميتر AVO meter، ويوجد نوعان لهذا الجهاز في الأسواق وهما :

1. جهاز آفوميتر بمؤشر Analog AVO meter.
2. جهاز آفوميتر رقمي Digital AVO meter.

جهاز الأفوميتر ذات المؤشر Analog AVO meter :

الشكل (1−14) يعرض نموذجاً لأحد أجهزة الأفوميترات ذات المؤشر المتوفرة في الأسواق.

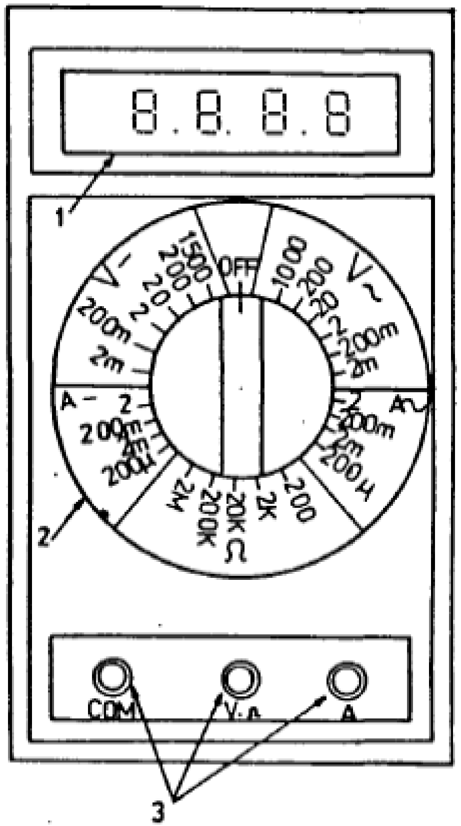


محتويات الجهاز :

1. التدريج : ويحتوي على ثلاثة تدريجات : التدريج (0.100) والتدريج (0.30)، وهذا التدريجان مخصصان لقياس الجهد والتيار، وتدريج ثالث لقياس المقاومة (0.∞).
2. مفتاح ضبط المؤشر على الصفر AdJ، ويستخدم هذا المفتاح لمعايرة الجهاز عند استخدامه كاومتير، وذلك لتعويض انخفاض جهد بطارية الجهاز.
3. مفتاح الاختبار، ويستخدم هذا المفتاح لاختيار وظيفة الجهاز (قياس جهد متردد ~V، قياس جهد مستمر -V، قياس مقاومة Ω، قياس تيار مستمر -A، قياس تيار متردد ~A) وأيضاً اختيا أقصى قراءة للجهاز.
4. أطراف التوصيل، وهي ثلاثة أطراف (طرف مشترك COM، وطرف للجهد والمقاومة Ω -V، وطرف للتيار A).

جهاز الآفوميتر الرقمي Digital AVO meter :

الشكل (1−15) يعرض مسقطاً أفقياً لنموذج لأحد أجهزة الآفوميتر الرقمية المتوفرة في الأسواق.

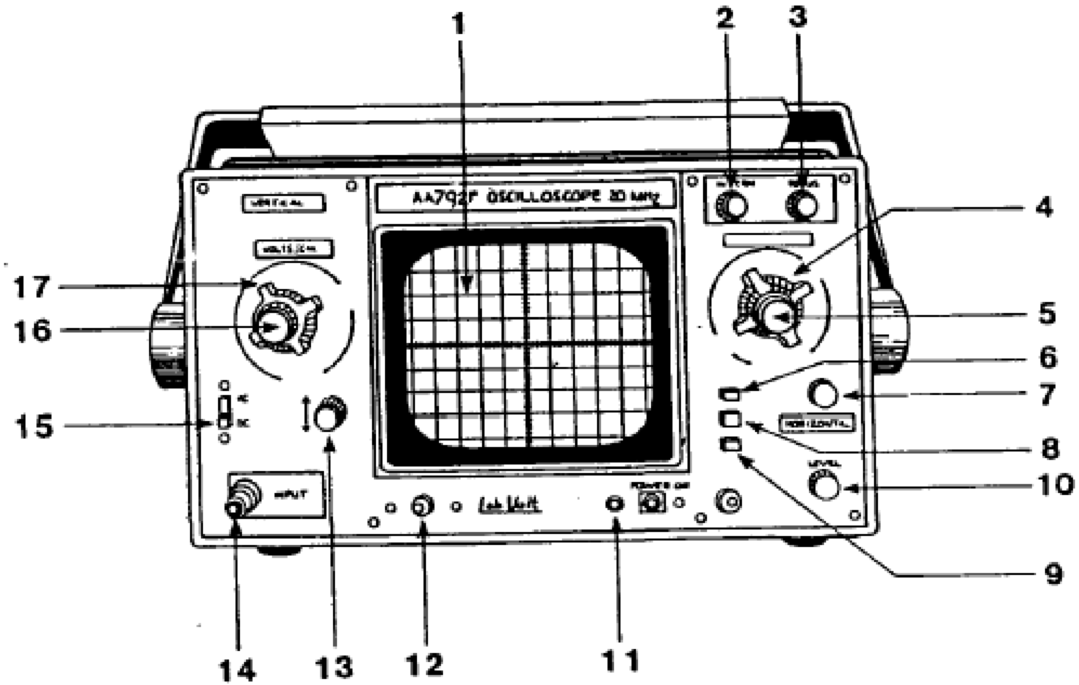


محتويات الجهاز :

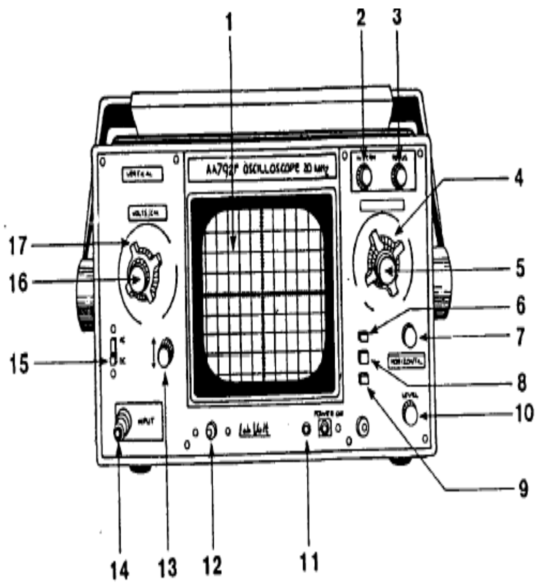
1. شاشة رقمية.
2. مفتاح اختيار الوظيفة وأقصى قراءة للجهاز.
3. أطراف التوصيل، وهي ثلاثة أطراف (طرف مشترك COM، وطرف للجهد والمقاومة Ω V-، وطرف للتيار A).

الأوسيلوسكوب The Oscilloscope :

يستخدم جهاز الأوسيلوسكوب لعرض شكل موجة الجهد عند النقاط المختلفة في الدائرة الإلكترونية، وذلك على شاشة مدرجة نوع Cathode Ray Tube (CRT)، وبذلك يمكن أن نعين أي معلومات تخص هذه الموجات مثل : التردد، والقيمة القصوى... إلخ. والشكل (1-17) يعرض نموذجاً لأحد أجهزة الأوسيلوسكوب.



التعريف بمحتويات الجهاز :



1. شاشة Screen مقسمة كورقة الرسم البياني بالسنتيمتر، ولها محوران في المنتصف أحدهما: رأسي ويمثل السعة (القيمة العظمى)، والآخر: المحور الأفقي ويمثل الزمن.
2. مفتاح التحكم في الإضاءة Intensity Control. ويتحكم في شدة استضاءة خطوط المنحنى الظاهر على الشاشة.
3. مفتاح التحكم في الوضوح Focous Control. ويتحكم في مدى وضوح خطوط المنحنى الظاهر على الشاشة.
4. مفتاح مقياس رسم الزمن Time/ Cm Selector Switch (Time/ Cm).
5. مفتاح اختيار بداية الموجة (+/ −) Slope Switch. ويقوم هذا المفتاح باختيار البداية الموجبة أو السالبة تبعاً للاختيار.
6. مفتاح التحكم الأفقي Horizontal Control ويقوم بتحريك الموجة يميناً أو يساراً على الشاشة.
7. مفتاح اختيار الحالة Mode Switch (TV/ NORM). وعادة يوضع على وضع NORM في حين يوضع على وضع TV عند تغذية الجهاز بإشارة من تليفزيون أو فيديو.
8. مفتاح المصدر Source Switch (EX/ INT). وعادة يوضع على وضع INT.
9. مفتاح التحكم في المستوى Level Control. وهو يتحكم في استقرار الموجات على الشاشة. فإذا اختفت الموجات يمكن إدارة هذا المفتاح لحين ظهورها.
10. مفتاح القدرة Power Switch. فعند إدارة هذا المفتاح فإنه بعد دقائق قليلة يظهر خط الشاشة الأفقي الموجود فى منتصف الشاشة Trace Line.

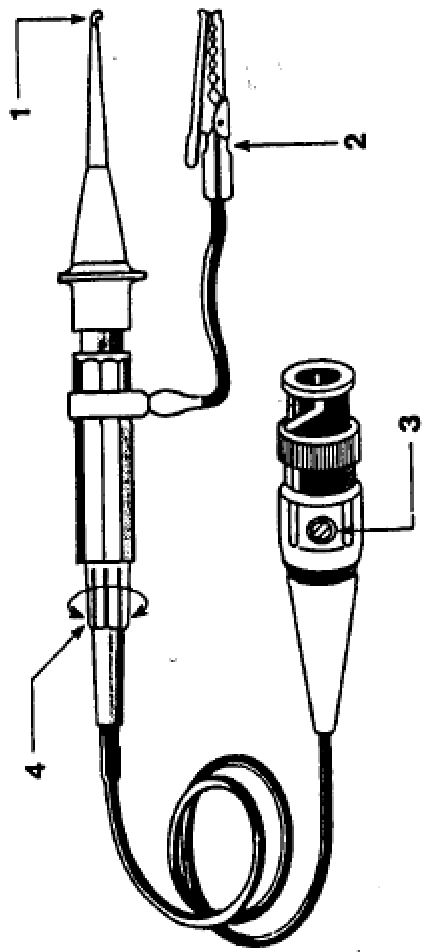
11. مفتاح التحكم الرأسي Vertical Control. ويقوم بتحريك الموجة لأعلى وأسفل.

12. مدخل إشارات Input Socket. ويوصل بها مجس الاختيار Test Probe المستخدم لإدخال إشارة الدخل.

13. مفتاح التيار المتردد/ الأرضي/ التيار المستمر AC/ GND/ DC Switch، ويوضع على AC عندما تكون الإشارة الداخلة AC ويوضع على GND عند ضبط خط الشاشة عند أي موضع بالشاشة، وذلك قبل دخول إشارة الدخل، ويوضع على DC عندما تكون إشارة الدخل DC.

14. مفتاح مقياس رسم الجهد Volts/ Cm Selector Switch (V/ Cm).

والشكل (1−18) يعرض نموذجاً لمجس اختيار للأوسيلوسكوب.



حيث إن :

1. ماسك المجس TIP. ويوصل بالنقطة المطلوب تعيين شكل الموجة عندها.

2. مشبك الأرضي Ground Clips. ويوصل بالأرضي.

3. مسمار ضبط السعة Capacitance Correction Trimmer. ويستخدم لضبط شكل الموجة أثناء معايرة الأوسيلوسكوب.

4. المضاعف Multiplier. ويمكن إدارته من الوضع X1 إلى الوضع X10، وبالتالي فإن إشارة الدخل ستقل 10 مرات. فإذا كانت سعة لإشارة الدخل الظاهرة على الشاشة 5V، فإن هذا يعني أن أقصى سعة لإشارة الدخل تساوي $10 \times 5 = 50V$ وهكذا.

مولد الإشارات الأساسية (الدوال) Basic Signal Generator :

يستخدم مولد الدوال في توليد إشارات مربعة ومثلثة وجيبية.. إلخ، والتي نحتاج إليها في اختبار وإصلاح ومعايرة الدوائر الإلكترونية. ويتميزالمولد بإمكانية تغيير التردد والقيمة القصوى للموجة المولدة.

فلتوليد موجة بأي شكل وبأي تردد وسعة يتم الضغط على مفتاح وظيفة الموجة Function، ثم تحديد المدى بواسطة الضغط على مفتاح Range، ثم إدارة مفتاح ضبط التردد Frequency للوصول للتردد المطلوب، ثم بعد ذلك يتم ضبط سعة الموجة بواسطة مفتاح ضبط السعة Amplitude

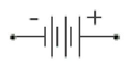
وعادة عند استخدم مولدات الإشارات لتوليد موجات لها قيم قصوى صغيرة تستخدم مقاومة على التوالي مع الطرف الموجب لمولد الإشارات تساوي ($100k\Omega:1M\Omega$) للتخلص من الضوضاء الشديدة Noise، التي يمكن أن تكون مع هذه الموجات.

الدائرة الكهربائية ومكوناتها

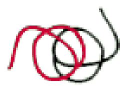
تركيب الدائرة الكهربائية البسيطة : -

يتكون أي نظام كهربائي من:

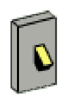
١ - مصدر للجهد لتوليد الطاقة الكهربائية

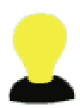
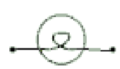
٢ - أسلاك توصيل تستخدم كممرات للتيار الكهربائي



٣ - مفتاح للتحكم في وصل أو قطع مرور التيار الكهربائي




٤ - حمل كهربائي(لمبة أو أي جهاز يعمل بالكهرباء)

وحدة قياس شدة التيار (الأمبير) :

قد أطلق اسم أمبير AMPERE على وحدة شدة التيار نسبة إلى عالم الفرنسي أمبير وتختلف شدة التيار اختلافاً كبيراً كما بين ذلك الحصر التالي .

الصواعق حتى ٢٠٠,٠٠٠ أمبير

أفران الصهر ١٠٠,٠٠٠ أمبير

الأجهزة المنزلية الكهربائية ٦ أمبير

ومنه نجد إن وحدة الأمبير في الدائرة العلمية التي تحمل تياراً كبيراً تكون صغيرة والعكس بالعكس لذلك ينصح في كثير من الأحيان بالتعبير عن الوحدات بمضاعفاتها و أجزائها كما في الجدول التالي :

آثار التيار الكهربائي :

يصحب التيار عدة تأثيرات ملحوظة (ظواهر) ويمكن تميزها بما يلي :

تأثير حراري

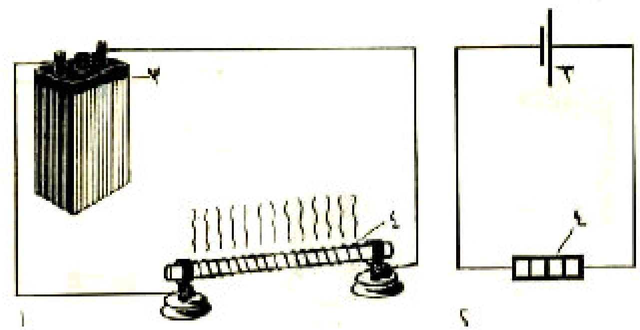
تأثير ضوئي

تأثير مغناطيسي

تأثير كيميائي

تأثير فسيلوجي

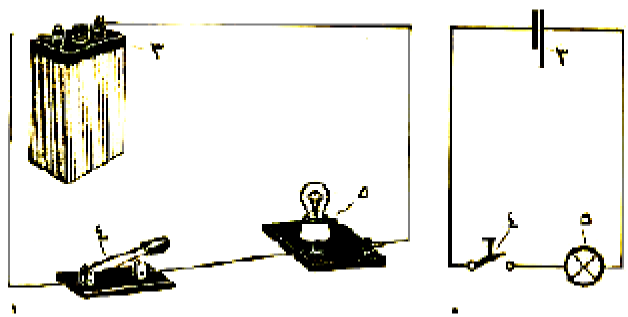
١. **التأثير الحراري للتيار الكهربائي:**



شكل (٢ -٤) التأثير الحراري للتيار

يوضح شكل (٢ -٤)التأثير الحراري للتيار الكهربائي على موصل يسري فيه تيار ذو شدة عالية فيشع حرارة للأوساط المحيطة به.

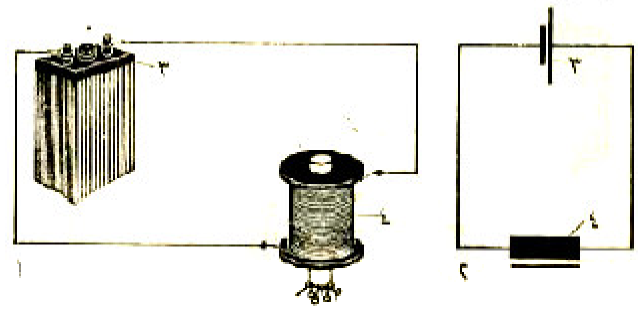
٢. التأثير الضوئي للتيار الكهربائي :



شكل (٢ -٥) التأثير الضوئي للتيار الكهربائي

يبين شكل(٢ -٥) التأثير الضوئي للتيار الكهربائي ويؤدي مرور التيار الكهربائي ذو الشدة الكافية خلال فتيل التسخين لمصباح كهربائي إلى تسخين هذا الفتيل لدرجة التوهج .

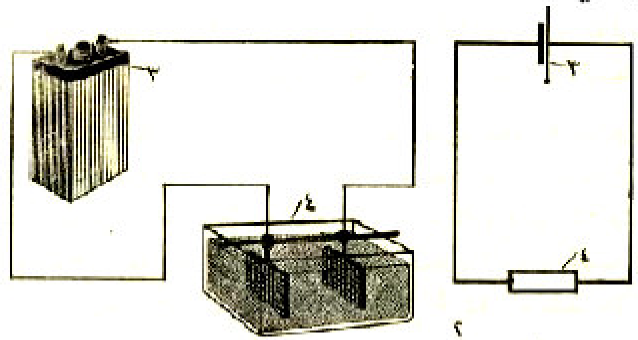
٣. التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي :



شكل (٢ -٦) التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي

شكل (٢ -٦) يبين التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي ويؤدي مرور التيار الكهربائي في موصل إلى نشوء مجال مغناطيسي حول الموصل يؤدي إلى جذب المعادن .

٤. **التأثير الكيميائي للتيار الكهربائي :**



شكل (٢ -٧) التأثير الكيميائي للتيار الكهربائي

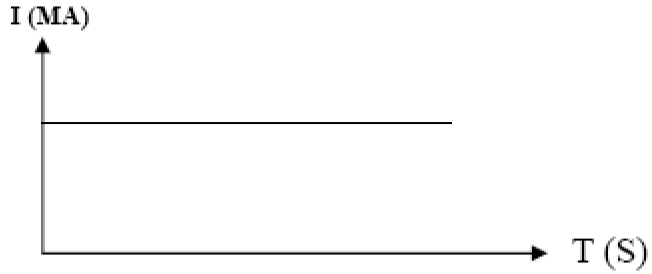
يبين الشكل(٢ -٧) التأثير الكيميائي للتيار الكهربائي فيعرض مرور التيار الكهربائي عبر السائل الموصل الكهربائي (ماء مستحمض) إلى تغيرات جوهرية وعلى سبيل المثال يمكن تحليل الماء إلى مكونات (هيدروجين وأكسيجين)وذلك بإمرار التيار الكهربائي.

٥. **التأثير الفيسولوجي للتيار الكهربائي :**

يستخدم الفيزيائيون التأثير الفيسولوجي للتيار الكهربائي لأغراض العلاج الطبي الكهربائي، المتعدد الوجوه، وعند التعامل بالتيار الكهربائي يجب أخذ الحيطة والحذر لما له من أضرار بالغة على جسم الإنسان قد تؤدي إلى الوفاة لا سمح الله.

أنواع التيار الكهربائي

١. التيار المستمر DIRECT CURRENT :

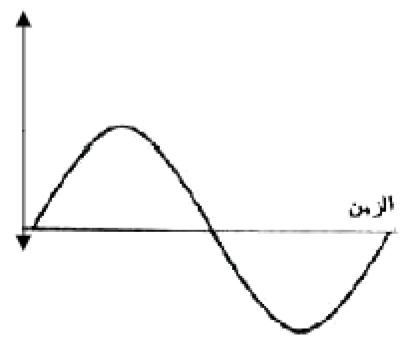


شكل (٢ -٨) التيار المستمر

يرمز له بالرمز (AC) وهو التيار الثابت في القيمة ولا يتغير اتجاهه (يكون بقيمة موجبة أو سالبه طول الوقت) كما بالشكل(٢ -٨)

٢. التيار المتردد ALTERNATING CURRENT:

I(MA)



شكل (٢ -٩) التيار المتردد

ويرمز له بالرمز(AC) وهو التيار المتغير في القيمة والاتجاه مع مرور الزمن (تتغير قيمته من الصفر إلى أعلى قيمة موجبة ثم تأخذ في التناقص إلى أن تصل إلى الصفر وتتعدى ذلك إلى أقصى قيمة سالبة ثم تأخذ في التزايد إلى الصفر ومنه إلى أعلى قيمة موجبة وهكذا تتكرر مع مرور الزمن.

استخدام جهاز قياس التيار الكهربائي

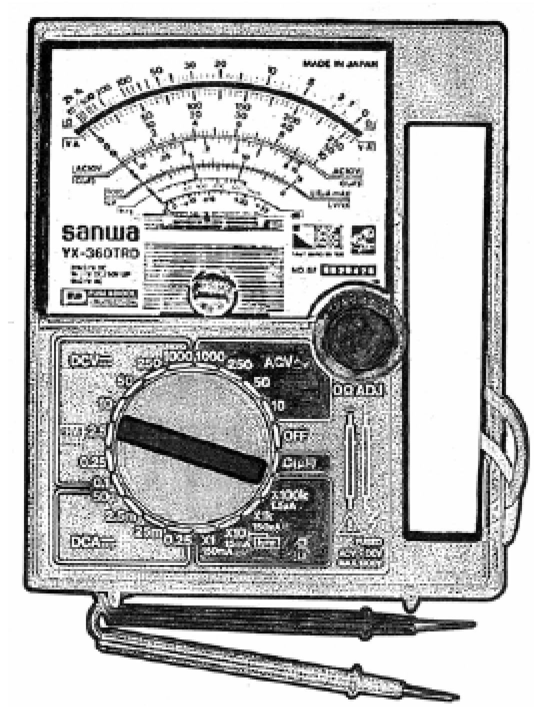
لعل أكثر الأجهزة المستخدمة أهمية هو مقياس متعدد المدى لكلا التيارين المتردد والمستمر صالح لقياس التيار والجهد والمقاومة (يعرف بجهاز الأفوميتر).

تعريف جهاز الأفوميتر :_

هو جهاز تعدد الأغراض يقوم بقياس كل من التيار والجهد والمقاومة . هناك نوعان من جهاز الأفوميتر هي :

- جهاز افوميتر تناظري (تماثلي)
- جهاز افوميتر رقمي .

أولا : جهاز افوميتر تناظري :



شكل (٢ -١١) جهاز الافوميتر التماثلي

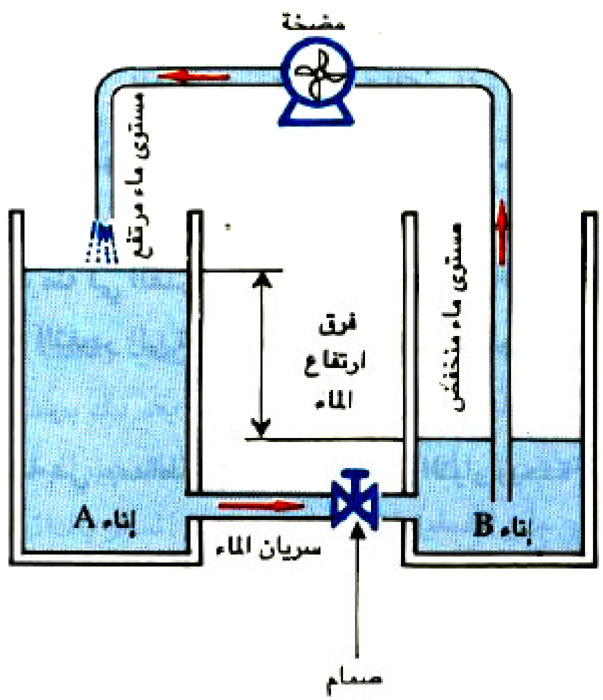
ثانيا : أجهزة القياس الرقمية



شكل (٢ -١٢) الافوميتر الرقمي

الجهد الكهربائي
Electric Voltage

مفهوم الجهد الكهربائي :

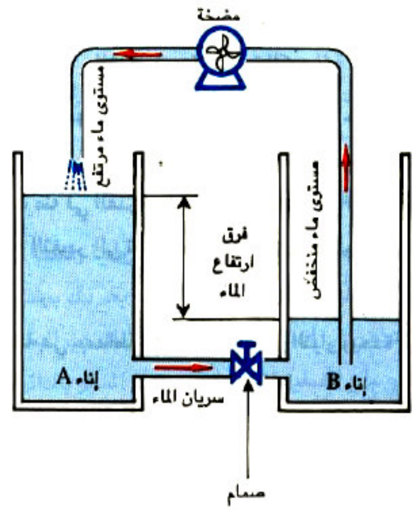


شكل (٢ -١) مفهوم الجهد الكهربائي

الجهد الكهربائي

Electric Voltage

مفهوم الجهد الكهربائي :



شكل (٢ -١) مفهوم الجهد الكهربائي

لتوضيح مفهوم الجهد الكهربائي نقوم بعمل التجربة التالية : -

إذا كان لدينا إناءان A، B وقمنا بإيجاد فرق بين مستوى سطح الماء فيهما وذلك بتوصيلهما عن طريق أنبوبة واستخدام مضخة كما بالشكل (٣ -١) فإنه عند فتح الصمام الموجود في الأنبوبة بين الإناءين نجد أن الماء يسري من الإناء Aحيث سطح الماء مرتفع إلى الإناء B حيث سطح الماء منخفض. وعليه فإن : الجهد الكهربائي يناظر الفرق في مستوى سطح الماء بين الإناءين . التيار الكهربائي يناظر سريان الماء من الإناء A إلى B أما المضخة التي تسببت في إيجاد الفرق بين سطحي الماء (فرق الجهد)فهي تناظر مصدر الجهد (بطارية مثلا).

وحدة قياس الجهد :

يقاس الجهد بوحدة الفولت (Volt) نسبة إلى العالم الإيطالي فولت.

في الدوائر الكهربائية التي تتعامل مع جهود صغير تكون وحدة الفولت كبيرة والعكس بالعكس لذلك نستخدم أجزاء ومضاعفات الوحدات كما في التيار الكهربائي .

١ - الجهد المستمرDC :

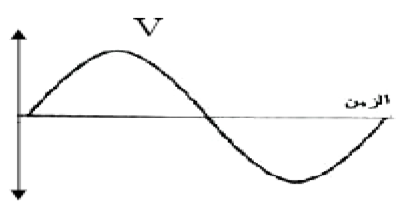
وهو ثابت القيمة والاتجاه مع تغير الزمن مثله مثل التيار المستمر ويمكن الحصول عليه من البطاريات والمراكم والخلايا الشمسية ومولدات التيار المستمر



شكل (٢ -٢) الجهد المستمر

٢ - الجهد المتردد AC :

وهو متغير في القيمة والاتجاه مع تغير الزمن مثله مثل التيار المتردد ويمكن الحصول عليه من مولدات التيار المتردد(محطات توليد الكهرباء).



شكل (٢ -٢) الجهد المتردد

القدرة والشغل الكهربائي

يعرف الشغل بمعناه الشامل ، بأنه استنفاذ للطاقة في غرض من الأغراض في زمن محدد حيث أن الذي ينقل (50) صندوقاً من المخزن إلى العربة (المسافة) في نصف ساعة يبذل شغل اقل من الذي ينقلها في ربع ساعة.

القدرة الكهربائية (Electric Power)**:** -

هو مقدار الشغل المبذول (W) لتحريك شحنة (q) من النقطة (A) إلى النقطة (B) في زمن محدد وتقاس بوحدة الوات نسبة إلى العالم الأسكتلندي جيمس وات

$$P = \frac{w}{t} ....w$$

حيث إن: w : هو الشغل المبذول ويقاس بوحدة الجول(J)

t : هو الزمن ويقاس بالثانية (S)

P : هي القدرة وتقاس بوحدة الوات (Watt) ويرمز لها بالرمز(w)

الشغل الكهربائي :_

عندما يمر تيار كهربائي في سلك فإنه يؤدي إلى تسخينه (تبدد طاقة) .

والشغل الكهربائي هو عبارة من الطاقة الكهربائية المتولدة لمدة ثانية (تعريف الجول)

W=IVT....J(w.t)

$$\frac{w}{t} = IV$$

ومنه نقول أن القدرة الكهربائية

P=I.V.....Watt

هناك وحدات أخرى للشغل الكهربائي وهي الكيلووات ساعة (K.W.H)

مثال : أوجد ثمن استهلاك الكهرباء الناتجة من إضاءة مصباح كهربائي مقاومته 100Ω إذا وصل بمنبع جهده 110 فولت لمدة 100 ساعة علما بأن سعر الكيلوات ساعة هو 10

الحل:

$$W=V\times I \times t$$

أولا : نحسب التيار:

$$I=\frac{V}{R}=\frac{110}{110}=1A$$

ثانيا: نحسب القدرة:

$$P=IV=110\times1=110W$$

ثالثا : نحسب الشغل:

$$W=P.T=110\times100$$
$$=11000W.H$$
$$=11K.w.H$$

رابعا :حساب التكلفة:

ثمن الاستهلاك $=11\times10=110$

جهاز قياس القدرة:

تقاس القدرة بجهاز الواتميتر وهو يتكون من ملفين ملف يوصل بالتوازي مع العنصر المراد قياس القدرة به لقياس الجهد ، والملف الآخر يوصل بالتوالي لقياس التيار أيضا يمكن قياس القدرة باستخدام فولتميتر وجهاز أميتر للحصول على قيمة الجهد والتيار حيث أن حاصل ضربهما هي القدرة.

الكفاءة:-

يعبر عن كفاءة ماكينة أو جهاز أو تركيبات كهربائية بنسبة الخرج النافع إلى الدخل الكلي للقدرة. ويبذل المصممون والمنتجون أقصى جهد ممكن في جميع الفروع الهندسية في سبيل تصميم وبناء الماكينات والأجهزة وغيرها لتحقيق اقتراب هذه النسبة من الواحد الصحيح.

$$\eta = \frac{P_O}{P_i} = \frac{w_o}{w_i}$$

المقاومة الكهربائية

Electric Resistance

عندما يمر التيار الكهربائي خلال مسار معين تفقد الإلكترونات الطاقة الدافعة (الجهد) التي يتحول معظمها إلى حرارة ويمكن تفسير ذلك بما يحدثه الموصل (مسار التيار) من مقاومة في طريق الإلكترونات

تعريف المقاومة :

هي خاصية إعاقة مرور التيار الكهربائي في موصل

وحدة المقاومة :

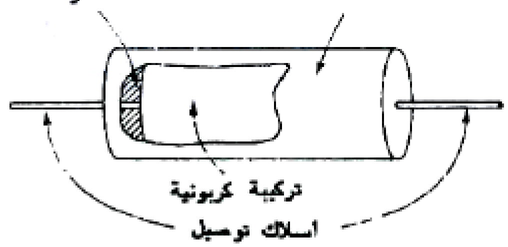
تقاس قيمة المقاومة بوحدة الأوم (Ohm)نسبه إلى العالم الألماني أوم ويرمز لها بالرمز(Ω)
وقد تضطر إلى استخدام وحدات أكبر(مثل ($k\Omega, M\Omega$))

أنواع المقاومات :

أولا - المقاومات الثابتة :

١- المقاومات كربونية التركيب:

تصنع بمزيج من الكربون المسحوق ومادة غير موصلة مثل مسحوق سيرميك (الفخار) تصب المادة بالشكل المطلوب والذي عادة يكون أسطوانيا ثم تجمد بالحرارة ويرش طرفا المقاومة بمعدن حتى يمكن عمل التوصيلات بالأسلاك الخارجية. وتبلغ القدرة التقليدية لمثل هذه المقاومات ما يعادل(٤\١١ ، ٢\١١ ، ١ ،٢ وات).

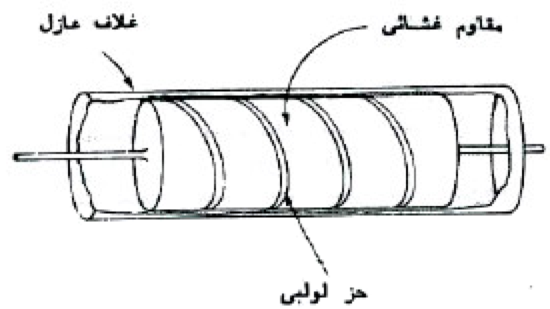


شكل (٤ -١) مقاومة من مادة كربونية

٢- المقاومة الغشائية :

يتطلب تصميم المقاومات الغشائية نثر غشاء (Film) متجانس من مادة ذات مقاومة حول سطح قضيب

به هي :



شكل (٤ -٢) مقاومة غشائية

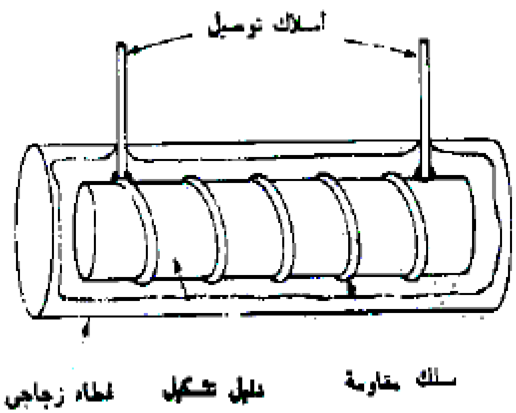
١- الغشاء الكربوني .

٢- غشاء الأكسيد المعدني.

٣- الغشاء المعدني .

٣ - مقاومات السلك الملفوف :

يصنع هذا النوع بلف عدة لفات من السلك على دليل تشكيل معزول. وتصنع مواد السلك من سبائك النيكل والكروم التي تستخدم بكثرة بسبب مقاومتها النوعية المرتفعة



ب - المقاومات المتغيرة بوتنشميتر(**Potentiometer**):

هي نفس تصميم المقاومات الثابتة إلا أنها تزيد بذراع منزلق ثابت يغير من طول المقاومة وبذلك تتغير قيمتها.

ج - المقاومات الحرارية(الترمستور):

هي مقاومة حساسة للحرارة تتغير مقاومتها مع تغير درجة الحرارة ويوجد نوعان من تلك المقاومات الحرارية هما :

١. المقاومات ذات المعامل الحراري السالب (الثيرمستور N.t.c)

: Negative Temperature Coefficient

هي المقاومات التي تزداد خاصية توصيلها مع ارتفاع درجة الحرارة (أوتقل مقاومتها مع ارتفاع درجة الحرارة)

٢. المقاومات ذات المعامل الحراري الموجب (السيستورP.t.c)

: Positive Temperature Coefficient

هي المقاومة التي تزداد قيمتها بزيادة درجة الحرارة وبالتالي تقل توصيليتها.

المقاومات Resistors :

تعتبر المقاومات من أهم المكونات الأساسية لمعظم الدوائر الإلكترونية وتصنع المقاومات من مواد مختلفة، علماً بأن نوع مادة المقاومة يحدد المواصفات الفنية للمقاومات.

وفيما يلي أهم المواصفات الفنية للمقاومات :

قيمة المقاومة : وتقاس قيمة المقاومة بوحدة الأوم Ω أو الكيلو أوم KΩ أو الميجا أوم MΩ.

قدرة المقاومة Power : وهي القدرة القصوى التي تبددها المقاومة وتساوي :

$$P = I^2 R \ (W)$$

حيث إن :

القدرة المستهلكة بالوات	P
التيار المار في المقاومة	I
المقاومة	R

التفاوت Tolerance :

وهو الانحراف الأقصى المسموح به عن القيمة المقررة، ويعبر عنه كنسبة مئوية.

مدى درجة الحرارة Temperature Range :

ويعطي الحد الأدنى والحد الأقصى لدرجة الحرارة المسموح بها عند التخزين وعند التشغيل.

وتنقسم المقاومات من حيث خضوعها لقانون أوم إلى :

مقاومات خطية Linear Resistors: وهي تخضع لقانون أوم (أنظر الفقرة 1-3)

مقاومات غير خطية Non Linear Resistors : وهي لا تخضع لقانون أوم.

المقاومات الخطية :

وتنقسم المقاومات الخطية إلى : مقاومات ثابتة القيمة، ومقاومات متغيرة القيمة.

أولاً : المقاومات الثابتة القيمة :

توجد عدة أنواع من المقاومات الثابتة القيمة تبعاً للمواد المستخدمة في تصنيعها والجدول (2-1) يبين الأنواع المختلفة للمقاومات الثابتة القيمة والمواصفات الفنية لكل نوع.

الجدول (٢-١)

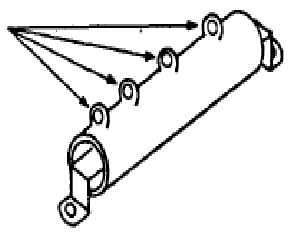
نوع المقاومة	مدى المقاومة	القدرة	التفاوت	مدى درجة الحرارة	الاستخدام
مقاومة كربونية Carbon Resistor	2.2Ω:1MΩ	0.125W:1W	± 10 %	- 40Ċ: + 105Ċ	الاستخدامات العامة
مقاومة مصنوعة من فيلم كربوني Carbon Film	10Ω:10MΩ	0.25W:2W	± 5 %	- 45: 125Ċ	مقاومات انحياز وأحمال
مقاومة مصنوعة من فيلم معدني Metal Film	10Ω:10MΩ	0.125:0.5W	± 1 %	- 55: 125Ċ	الأغراض العامة ومقاومات انحياز وأحمال
مقاومة مصنوعة من آكسيد المعدني Metal Oxide	10Ω:1MΩ	0.5W	± 2 %	- 55: 150	الأغراض العامة ومكبرات الإشارة
مقاومة من أسلاك مغلفة بالألومنيوم Wire wound Aluminium housed	0.1Ω:1KΩ	25W, 50W	± 5 %	- 55:200Ċ	الأحمال العالية
مقاومة من أسلاك ملفوفة في جسم خزفي Wire wound ceramic body	0.47Ω:22KΩ	4,7,11,17W	± 5 %	- 55: + 200	مصادر تغذية الطاقة
مقاومة من أسلاك مغطاة بالسليكون Wire wound Silicone Coated	0.1:22 KΩ	2.5 W	± 5 %	- 55: 200Ċ	مصادر تغذية الطاقة والأحمال.

ثانياً : المقاومات المتغيرة :

توجد مقاومات متغيرة بأشكال مختلفة، منها الكربونية، ومنها ذات الأسلاك الملفوفة.

أما المقاومات الكربونية فنستخدم في الاستخدامات المنخفضة القدرة الأقل من 1W.

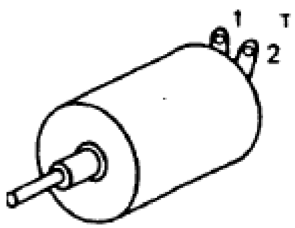
وهناك عدة أنواع من المقاومات الخطية المتغيرة القيمة مثل :



شكل (٢ - ١)

أ- مقاومات بنقط تفرع Tapped Resistors : ويمكن الحصول على عدة قيم لمقاومة عند نقاط التفرع المختلفة لها، والشكل (2-1) يعرض نموذجاً لأحد هذه المقاومات.

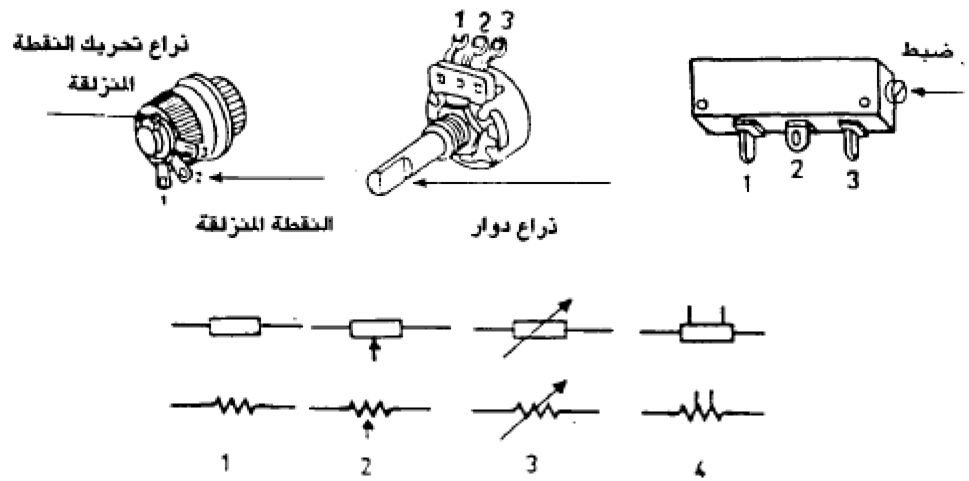
ب- مقاومات متغيرة القيمة Variable Resistors : وهذه المقاومات تتغير قيمتها باستخدام وسيلة يدوية مثل عمود أو ذراع دوار أو مسمار مشقوق وتنقسم هذه المقاومات إلى نوعين وهما :



شكل (٢ - ٢)

- الريوستات Rheostat : ويكون لها طرفان 2 و1 حيث تتغير المقاومة بين طرفيها بتغيير وضع ذراع الضبط. والشكل (2-2) يبين نموذجاً لريوستات.

- مجزئ الجهد Potentiometer : ويكون له ثلاثة أطراف 3 و2 و1، بحيث إن المقاومة بين الطرفين 3 و 1 تمثل المقاومة الكلية للمجزئ، وهي ثابتة ولا تتغير بتغير ذراع الضبط، وتساوي مجموع المقاومة بين الطرفين 2 و 1 والمقاومة بين الطرفين 3 و 1 وهما مقاومتان متغيرتان، تتغيران تبعاً لتغير وضع ذراع ضبط المجزئ. والشكل (2-3) يعرض ثلاثة نماذج مختلفة لمجزئات الجهد.



فالرمز 1 لمقاومة ثابتة والرمز 2 لمجزئ جهد. والرمز 3 لريوستات. والرمز 4 لمقاومة بنقطتي تفرع.

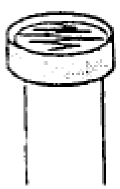
المقاومات غير الخطية :

وهذه المقاومات لا تخضع لقانون أوم (ارجع للفقرة 1−3) لأن قيمتها تتغير تبعاً لمؤثرات خارجية على سبيل المثال :

أ- **المقاومة الحرارية (الثرمستور) Thermistor** : حيث يوجد نوعان من المقاومات الحرارية (الثرمستورات)؛ الأولى : لها معامل حراري موجب PTC، أي تزداد قيمتها بارتفاع درجة الحرارة، حيث تكون مقاومتها حوالي 100Ω عندما تكون درجة الحرارة تتراوح ما بين (0:75C) وترتفع مقاومتها بسرعة إلى قيم أكبر من $10k\Omega$ عند ارتفاع درجة حرارتها إلى (80:120C).

والثانية : لها معامل حراري سالب NTC وتتميز بأن مقاومتها تساوي عدة كيلو أوم أو مئات من الأوم عند درجة حرارة 25C، في حين تصبح مقاومتها مساوية عدة مئات من الأوم أو عدة عشرات من الأوم عند درجة حرارة 100C.

ب- **المقاومة الضوئية LDR** : وهذه المقاومات تتغير قيمتها من عدة ميجا أوم في الظلام إلى عدة مئات من الأوم في ضوء النهار.



شكل (٢ – ٥) .

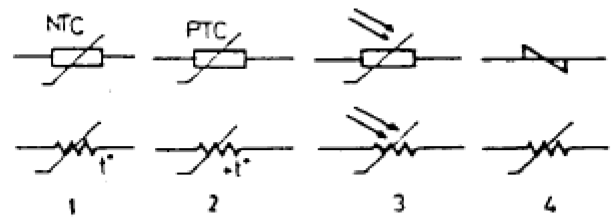
ج- مقاومة تعتمد على الجهد VDR : وهذه المقاومة تقل قيمتها بزيادة الجهد المسلط عليها، وتستخدم لخمد الجهود العابرة في الدوائر الإلكترونية.

الرمز 1 لمقاومة حرارية ذات معامل حراري سالب.

الرمز 2 لمقاومة حرارية ذات معامل حراري موجب.

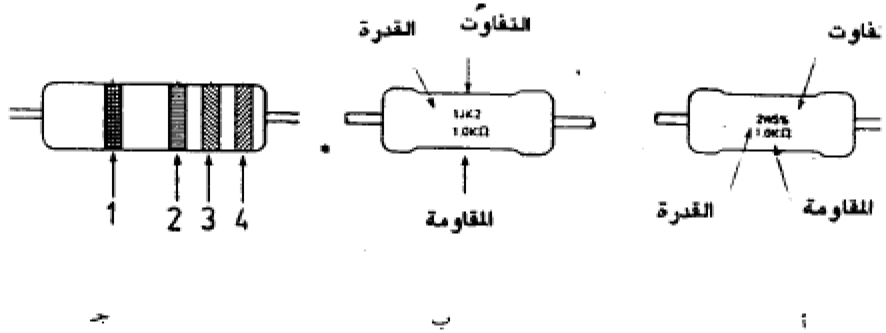
الرمز 3 لمقاومة ضوئية.

الرمز 4 لمقاومة معتمدة على الجهد.



طرق تشفير المعلومات الفنية للمقاومات الخطية :

وتــوجد ثلاثة طرق مختلفة لتشفير المعلومات الفنية لهذه المقاومات موضحة بالشكل (2-6).



شكل (٢ - ٦)

1) طريقة العرض المباشر :

حيث يكتب قدرة المقاومة وقيمتها ومقدار التفاوت المسموح به على المقاومة مباشرة، وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الكبيرة الملفوفة. ففي الشكل (2-6أ) فإن قدرة المقاومة 2W ومقدار التفاوت المسموح به ±5%، وقيمة المقاومة 1.0KΩ. ويمكن حساب التفاوت المسموح به كالآتي :

$$\frac{\pm 5}{100} \times 1000 \pm 50\Omega$$

أي أن قيمة المقاومة الفعلية تتراوح ما بين :

$$R = 1000 + 50 : 1000 - 50$$
$$R = 1050\Omega : 950\Omega$$

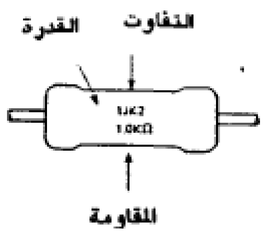
2) طريقة التشفير الحرفية (الطريقة الإنجليزية) :

مثال :

عندما يكتب على المقاومة 4 R7K فهذا يعني أن قيمة المقاومة 4.7 Ω مع تفاوت ±10%.

وعندما يكتب على المقاومة 330 RG فهذا يعني أن قيمة المقاومة 330 Ω مع تفاوت ±2%.

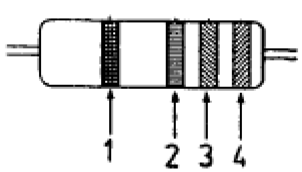
وعندما يكتب على المقاومة 2K2M فهذا يعني أن قيمة المقاومة 2.2 KΩ مع تفاوت ±20%.



3) طريقة التشفير الحرفية للشركات المصنعة :

حيث يكتب رمز معين يدل على قيمة القدرة بالوات والتفاوت المسموح به من جداول الشركة المصنعة، فمثلاً في الشكل (2-6ب) مقاومة قدرتها وتفاوتها يعرفان من كتالوج الشركة المصنعة بدلالة 1JK2 وقيمة المقاومة 1.0KΩ.

4) طريقة التشفير بالألوان :



وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الصغيرة التي تتراوح قدرتها ما بين (0.25 : 2W)، ويرسم على المقاومة أربع أو خمس حلقات ملونة قريبة من أحد جانبيها، وعادة ترقم هذه الحلقات الملونة من اليسار لليمين كما بالشكل (2-6جـ).

إيجاد قيمة المقاومة عن طريق شفرة الألوان :

نظرا لصعوبة كتابة قيمة المقاومة لصغر حجمها فقد تم استخدام الألوان بحيث تطبع على جسم المقاومة لتدل على قيمتها وهنالك طريقتان للترميز اللوني :

رباعية النطاق اللوني : بحيث يدل اللون الأول والثاني على رقم اللون، واللون الثالث على القيمة المضروبة. ويبعد اللون الرابع عن بقية الألوان ليعبر عن نسبة التفاوت في القيمة

خماسية النطاق : وفيه يدل اللون الأول والثاني والثالث على رقم اللون ، والرقم الرابع على القيمة المضروبة ، ويبعد اللون الخامس عن بقية الألوان ليعبر عن نسبة التفاوت في القيمة .

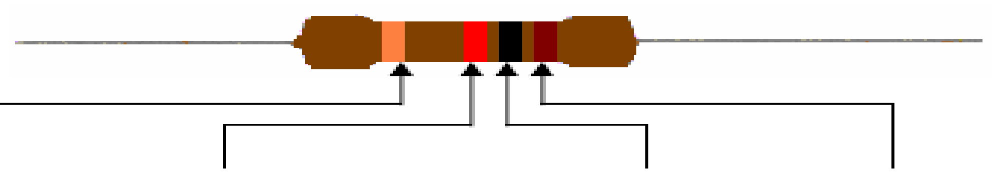
شكل (٤-٦) يبين شفرة الألوان للمقاومات رباعية النطاق وخماسية النطاق **وفيه**
تحسب قيمة المقاومة رباعية النطاق كالتالي :

اللون الأول بني ويأخذ الرقم (1) اللون الثاني اسود ويأخذ الرقم (0) واللون الثالث القيمة المضروبة للون الأحمر (100) واللون الرابع نسبة الخطأ للون الذهبي وهي (5%) لتكون قيمة المقاومة

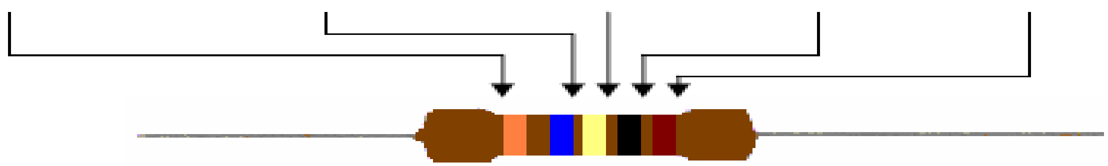
$$R=10\times100= 1K\Omega \quad \pm5\%$$

أما المقاومة ذات الخمسة ألوان فتحسب قيمتها كالتالي :

اللون الأول بني (1) اللون الثاني أسود (0) اللون الثالث أصفر (4) اللون الرابع قيمة المضروب ويكون للون الأزرق (1M) واللون الخامس الذي يبتعد قليلا عن بقية الألوان وهو اللون الذهبي (5%) وعليه تكون قيمة المقاومة $R= 104\times10^{6}=104M \pm5\%$



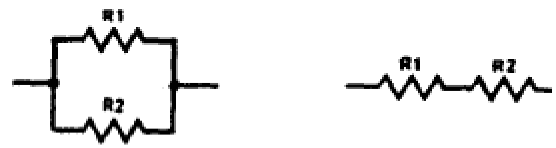
اللون	الحلقة الأولى	الحلقة الثانية	الحلقة الثالثة	معامل الضرب	نسبة التفاوت
اسود	0	0	0	1Ω	
بني	1	1	1	10Ω	±1%
أحمر	2	2	2	100Ω	±2%
برتقالي	3	3	3	1KΩ	
أصفر	4	4	4	10KΩ	
اخضر	5	5	5	100KΩ	±0.5%
ازرق	6	6	6	1MΩ	±0.25%
بنفسجي	7	7	7	10MΩ	±0.10%
رمادي	8	8	8		±0.05%
أبيض	9	9	9		
ذهبي				0.1	±5%
فضي				0.01	±10%



شكل (٤ -٦) يبين شفرة الألوان للمقاومات رباعية النطاق وخماسية النطاق

توصيل المقاومات على التوالي والتوازي :

تكون قيمة المقاومة المطلوبة غير متوفرة – أحياناً – في الأسواق. لذلك نقوم بتوصيل أكثر من مقاومة على التوالي أو التوازي للحصول على المقاومة المطلوبة، ولكن يجب علينا معرفة خواص التوصيل على التوالي، وكذلك على التوازي والشكل (2−7) يوضح طريقة توصيل مقاومتين على التوالي (أ) وطريقة توصيل مقاومتين على التوازي (ب).



ب أ

شكل (٢ – ٧)

فعند التوصيل على التوالي، فإن المقاومة المحصلة R نحصل عليها من المعادلة 2.1 :

$$R = R_1 + R_2 \longrightarrow 2.1$$

وعند التوصيل على التوازي، فإن المقاومة الكلية R نحصل عليها من المعادلة 2.2 :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \qquad 2.2$$

$$R = \frac{R_1 \, R_2}{R_1 + R_2} \qquad 2.3$$

استخدام جهاز قياس المقاومة (الاوميتر)

قياس المقاومة :

لو أردنا قياس قيمة مقاومة موصلة بدائرة ما فيجب إزالتها من الدائرة قبل بدء القياس حتى نحصل على القراءة الصحيحة وحتى لا يتلف جهاز القياس .

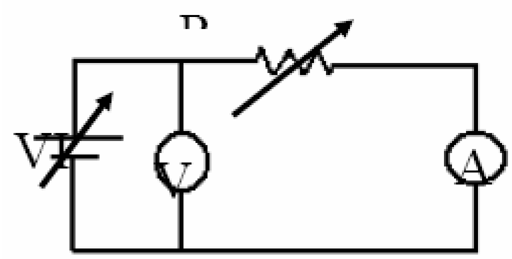
ثم نقوم بلمس طرف المجس الأحمر (الموجب) بأحد أطراف المقاومة وطرف المجس الأسود (السالب) بطرف المقاومة الآخر (يوصل الأوميتر بالتوازي مع العنصر المراد قياس مقاومته).

تختبر المقاومات عادة بجهاز الأوميتر أو جهاز الآفوميتر عند ضبطه ليعمل كأوميتر، حيث تفصل المقاومة عن الدائرة وتقاس بالطريقة الموضحة بالشكل.

فإذا كانت قراءة الجهاز مساوية لقيمة المقاومة المستنتجة من الشفرة المستخدمة كانت المقاومة سليمة و العكس بالعكس.

(قانون أوم)

في دائرة كهربائية مكونة من مصدر متغير ومقاومة متغيرة وجهاز لقياس الجهد وجهاز لقياس التيار نلاحظ التالي:



شكل (٥ -١)

١ -بزيادة الجهد وثبات قيمة المقاومة يزيد التيار.

٢ -بزيادة المقاومة وثبات الجهد يقل التيار.

وعليه فإن التيار يتناسب عكسيا مع قيمة المقاومة وطرديا مع الجهد الكهربائي.

- **قانون أوم:** -

ينص على أن قيمة التيار تتناسب طرديا مع الجهد وعكسيا مع قيمة المقاومة

$$V = I \times R \qquad \text{volt}$$

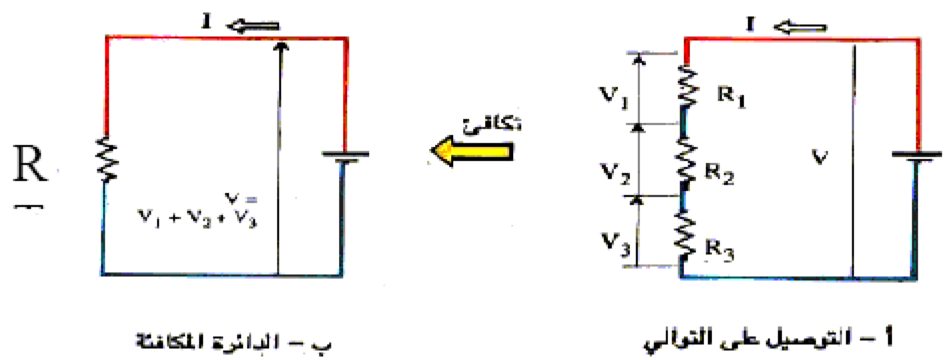
حيث إن:" I " قيمة التيار وتقاس بالأمبير(A)

" V" قيمة الجهد الكهربائي ويقاس بالفولت (V)

" R " قيمة المقاومة وتقاس بوحدة الأوم(Ω)

توصيل المقاومات : -

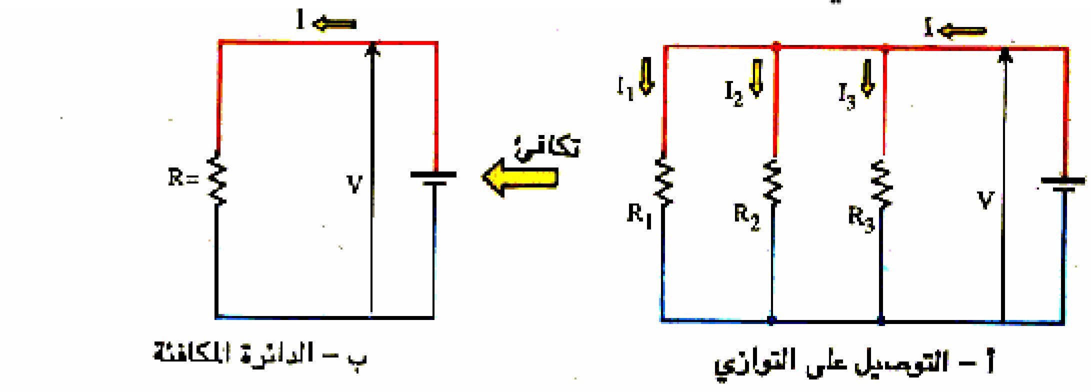
١ - **توصيل المقاومات على التوالي** (Series) :



شكل (٥ -٢)

يقال أن المقاومات متصلة على التوالي إذا أنساب نفس التيار في كل منهما كما هو مبين بالشكل(٥ -٢) إذ أن نهاية المقاومة الأولي متصلة مع بداية المقاومة الثانية وهكذا النهاية مع البداية.

٢ - توصيل المقاومات على التوازي (Parallel) :



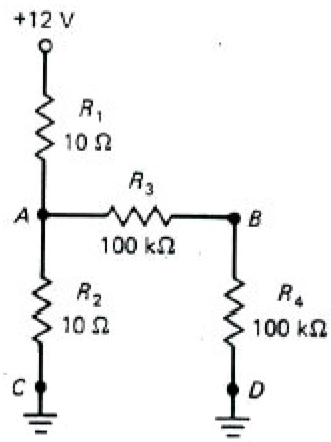
شكل (٥ -٤)

نلاحظ أن بدايات المقاومات موصلة مع بعضها وكذلك النهايات.

أي أن فرق الجهد بين أطراف المقاومات المتصلة على التوازي ثابت ولا يختلف ففي الدائرة الموضحة بالشكل(٥ -٤) يتساوى فرق الجهد (V_1) على المقاومة (R_1) مع (V_2) على المقاومة (R_2) وهكذا يكون ($V=V_1=V_2$)

لأعطال المتوقعة في المقاومات : -

عادة نحن نقيس الجهد بالنسبة للأرض ومن هذه القياسات ومن معرفتنا للأساسيات الكهرباء يمكننا استنتاج أكثر الأعطال احتمالا وبعد أن نعزل قطعة على أنها أقصى ما تتوقع تعطلها، يمكننا فك لحامها أو فصلها وتستعمل جهاز أوم متير (Ohm Meter) أو جهاز آخر للتأكد.



شكل (٥ -٩)

في الشكل (٥ -٩) مجزء جهد يحتوي على (R_1,R_2) تقودان المقاومتين (R_4,R_3) على التوالي و قبل أن تحدد الأعطال في هذه الدائرة يجب أن تعرف قيمة الجهود المعتادة. أول شيء تفعله هو قياس قيم(V_A,V_B) الأول هو الجهد بين (A) والأرض . الثاني الجهد بين النقطة(B) والأرض والآن (R_2,R_1) أصغر كثيراً من (R_4,R_3) (10 Ωمع 100Ω) فإن الجهد عند (A) يساوي (+6V) تقريبا بالإضافة إلى ذلك . حيث أن (R_4,R_3) متساويتان، فإن الجهد عند (B) يساوي (+3V) تقريبا، وعندما تكون هذه الدائرة خالية من الأعطال فستقيس (6V) بين (A) والأرض و(3V) بين (B) والأرض والجدول التالي يحدد قياسات الجهود المتوقعة عند حدوث فتح (Open)أو قصر (Short)في بعض المقاومات، وأيضا عندما تكون الدائرة سليمة (Circuit OK).

نوع العطل	الجهد عند النقطه A	الجهد عند النقطة B
Circuit OK	6V	3V
R_1open	0	0
R_2open	12V	6V
R_3open	6V	0
R_4open	6V	6V
C open	12V	6V
D open	6V	6V
R_1 short	12V	6V
R_2 short	0	0
R_3 short	6V	6V
R_4 short	6V	0

شكل (٥ -١٠) تحديد الأعطال

المكثف الكهربائي
CAPACITOR

المكثفات هي عناصر لديها القدرة على تخزين الطاقة وإطلاقها بعد فترة زمنية وهي ذات أهمية حيوية بالنسبة للدوائر الإلكترونية .

المكثفات Capacitors :

يقوم المكثف بتخزين شحنة كهربية أثناء تعرضه لفرق جهد بين طرفيه، ويتوقف الشحن عندما يتساوى الجهد المتشكل على أطراف المكثف مع جهد المصدر، ويقوم المكثف بتفريغ شحنته عند انخفاض جهد المصدر عن فرق الجهد بين طرفي المكثف أو عند انعدام جهد المصدر. أي أن المكثف يمكن اعتباره مخزناً للطاقة الكهربية، وتعتبر المكثفات من أكثر العناصر التي يكثر استخدامها في جميع الدوائر الإلكترونية.

ويصنع المكثف عادة من لوحين معدنين بينهما عازل، ويسمى المكثف عادة تبعاً لنوع العازل المستخدم، مثل الميكا والسيراميك والمحاليل الكيميائية... إلخ. والجدير بالذكر أن نوع المادة العازلة وشكل المكثف يؤثران بشكل مباشر على المواصفات الفنية للمكثفات.

وفيما يلي أهم المواصفات الفنية للمكثفات :

1. سعة المكثف Capacitance : وتقاس بالميكر فاراد µf أو النانوفاراد nf أو البيكوفاراد PF.
2. جهد المكثف المقنن Rated Voltage : وهو أقصى جهد يتحمله المكثف، فإن زاد الجهد المسلط على المكثف عن الجهد المقنن ينهار عزل المكثف ويتلف.
3. التفاوت Tolerance : وهو الانحراف الأقصى المسموح به عن القيمة المقررة للسعة، ويعبر عنه كنسبة مئوية.
4. مدى درجة الحرارة المحيطة Temperature Range : وتعطي الحد الأدنى والحد الأقصى لدرجة الحرارة المسموح بها.
5. التيار المتسرب Leakage Current : وهو التيار المستمر المار في العازل الكهربائي عند تسليط جهد مستمر على المكثف عند درجة حرارة معينة.

وتنقسم المكثفات إلى نوعين وهما :

- ثابتة القيمة.
- متغيرة القيمة.

والجدول (2-6) يبين الأنواع المختلفة للمكثفات الثابتة القيمة والمواصفات الفنية لكل نوع.

النوع	الجهد المقنن	مدى السعة	التفاوت	مدى درجة الحرارة	تيار التسرب	الاستخدامات
سيراميك Ceramic صفائحي متعدد الطبقات قرصي	100 VDC	2.2 pf: 220pf 10pf: 1 µf 1 nf: 100nf	± 10% ± 20%	- 85Ċ: 85Ċ		التوقيت ومعادلة درجة الحرارة في دوائر المذبذبات
بوليسترين Polystyrene	160 VDC 40 VAC	10 pf: 10 nf	±1 %, ± 2.5% ± 5%	- 40: 70Ċ		في دوائر التوقيت والمرشحات والمذبذبات
فيلم معدني Metalic Film	600 VDC 250 VAC	2 µf, 4µf, 8µf 16 µf	± 20%	25: 85Ċ		تحسين معامل القدرة في دوائر التيار المتردد ومخزنات للطاقة.
ميكا Mica	350 VDC	2.2 pf: 10nf	+ 0,5%, ± 1%	- 40: + 85Ċ		في المذبذبات ذات التردد المرتفع ودوائر التوقيت والمرشحات.
بولي كربونات Poly Carbonate	63VDC (45VAC) 160 VDC (100 VAC) 630 VDC (300VAC)	1 nf: 10 µf	± 20%	- 55: + 100Ċ		دوائر المؤقتات والمرشحات
بوليستير Polyester	250 VDC (125VAC) 400 VDC (200 VAC)	10 nf: 2.2 µ f	± 20%	- 40: + 100Ċ		الأغراض العامة ودوائر الربط

تابع الجدول (٢ - ٦)

الجهد المقنن	الجهد المقنن	مدى السعة	التفاوت	مدى درجة الحرارة	تيار التسرب	الاستخدامات
بولي بروبلين Poly Proplyene	$1KV_{DC}$ (350 V_{AC}) 1.5 KV_{DC} (450V_{AC})	1 nf: 470 nf	± 20%	-55: + 100 Ċ		دوائر الربط ودوائر المرشحات وهذه المكثفات غالية الثمن
المكثفات الكيميائية Electrolytic أ- تنتاليوم Solid tantalum	6.3: 35V	0.1 µf: 100µf	± 20%	-55: + 85Ċ	اقل من 1µA	لدوائر الربط
ب- كيميائية ذات أرجل نصف قطرية ومستقطبة Radial type	6.3V_{DC}: 450V_{DC}	0.47µf: 220 µf	± 20%	- 40: + 85Ċ	1 µA او 3µA	مكثفات تخزين للطاقة والأغراض العامة وتثبيت مباشرة علي اللوحات المطبوعة
جـ- كيميائية ذات أرجل محورية ومستقطبة Axial type	25,40,50 V_{DC}	1 µf: 4700 µf	± 20%	- 40: + 85Ċ	1 µA او 3µA	مكثفات تخزين للطاقة
د- كيميائية معلبة Can type	40: 360V	22µf: 10000µf	-10: + 50%	- 40: + 85Ċ	0.01 CV السعة C (µf) الجهد V (V)	مكثفات تخزين للطاقة

أنواع المكثفات : -

تصنف المكثفات على وجه العموم تبعا لنوع المادة العازلة التي تتكون في العادة من الورق البوليسترين ،الميكا.......إلخ.

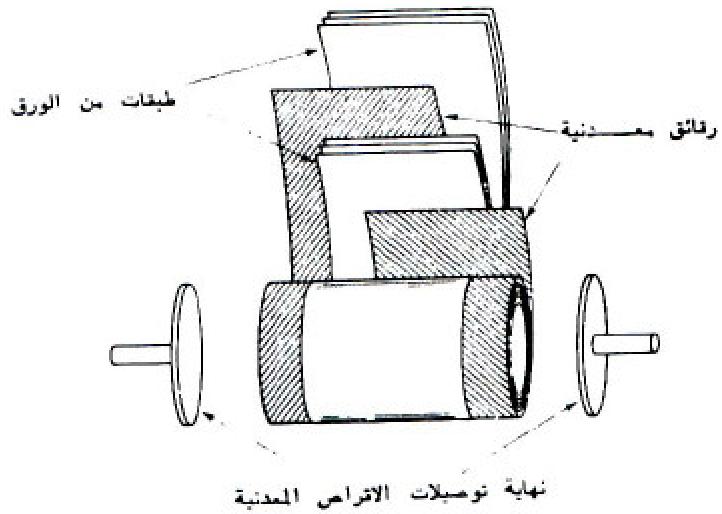
١ - المكثفات ذات العازل الهوائي.

تستخدم المكثفات ذات العازل الهوائي في المعامل كسعات قياسية وتتكون المكثفات الهوائية متغيرة السعات من مجموعة ألواح ثابتة ومجموعة من الألواح المتغيرة ، بحيث تتغير سعة المكثف كلما تغيرت الألواح المتداخلة.

٢ ـ المكثفات ذات العازل الورقي.

تتكون الأقطاب من رقائق معدنية معزولة بطبقات من الورق المشبع بالزيت أو الشمع أو سمك مضاعف من البلاستيك .

ويتم التوصيل بين ألواح المكثف والدائرة الخارجية في تركيبه كما هو مبين بالشكل (٧ -٦)



الشكل (٧ -٦)

٣ - المكثفات ذات غشاء البلاستيك العازل: -

تستخدم هذه الأنواع أغشية من مادة البلاستيك بدلا من صفائح الورق ولهذا النوع استعمالات كثيرة في التطبيقات الإلكترونية ومن الممكن أن يعطي الأسلوب الفني للإنتاج.مكثفات رخيصة الثمن ، يمكن الاعتماد عليها لحد كبير، وعلى وجه العموم فإن تركيب هذا النوع يماثل المكثفات الورقية ، وبعض المواد العازلة الشائعة هي(البوليسترين ، البوليستر ، البوليكربونات)

٤-المكثفات ذات العازل المختلط:-

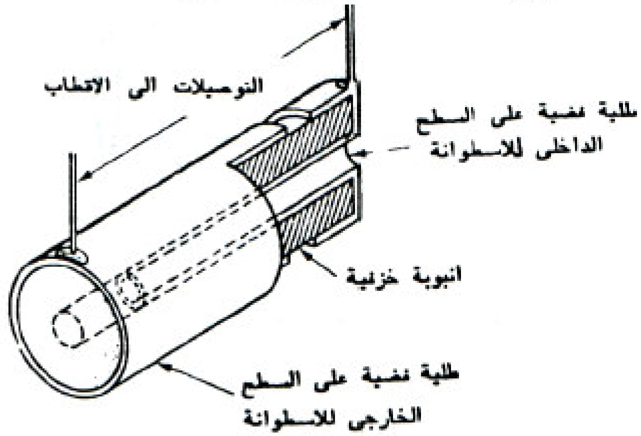
تسمح المكثفات التي تدمج المواد العازلة من أغشية البلاستيك مع الورق المشبع بالزيت بتصنيع مكثفات صغيرة الحجم تعمل على جهود مرتفعة .

٥-المكثفات ذات عازل الميكا :

الميكا هو معدن يمكن أن ينشطر بيسر إلى ألواح رقيقة متجانسة. تتداخل الميكا مع رقائق معدنية على هيئة مكثف متعدد الألواح بحيث يتم ربطها كلها لتكون وحدة متجانسة .

٦ـ المكثفات ذات العازل الخزفي :

تحتوي هذه المكثفات على طلية معدنية فوق الوجوه المتقابلة لأقراص وأقداح وأنابيب خزفية . ويبين الشكل (٧ -٧) تركيب أحد أنواع المكثفات الأنبوبية الخزفية .

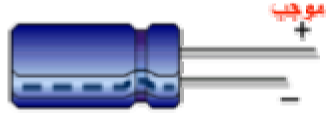


شكل (٧ -٧)مقطع لمكثف أنبوبي خزفي

٧- **المكثفات الكيميائية (الإلكتروليتية) :**

تتكون العوازل في مثل هذا النوع من المكثفات من غشاء أكسيدي رقيق ثم يتم ترسيبه على واحد من لوحي المكثف أو على كليهما . والغالبية العظمى من المكثفات الإلكتروليتيه هي مكثفات مستقطبة . بمعنى أن فرق الجهد بين أطرافها لا بد وأن يكون صحيح القطبية فإذا عكست القطبية اختل عملها كمكثف . وقد يمر تيار كبير ومن المحتمل أن يؤدي ضغط الغاز المتولد في الداخل إلى تصدع الوحدة وبعنف شديد في بعض الأحيان .

هذا وبالرغم من أنه أمكن تغطية معادن كثيرة بغشاء أكسيدي إلا أنه وجد أن الألومنيوم والتنتاليوم يظهران أحسن خواص استعمالات المكثف الكيميائي .



احتياجات الأمن والسلامة عند استخدام المكثف الكيميائي :

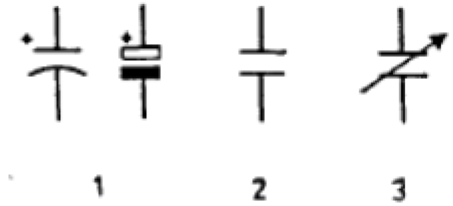
١- التأكد من جهد التشغيل للمكثفات قبل تركيبها .

٢- التأكد من القطبية الصحيحة للمكثف .

٣- التأكد من أن المكثفات كبيرة السعة أفرغت تماما قبل التعامل معها وذلك بتوصيل مقاومة $1K\Omega$ بين طرفي المكثف

وفيما يلي رموز المكثفات :

فالرمز أ لمكثف كيميائي. والرمز 2 لمكثف عادي. والرمز 3 لمكثف متغير السعة.

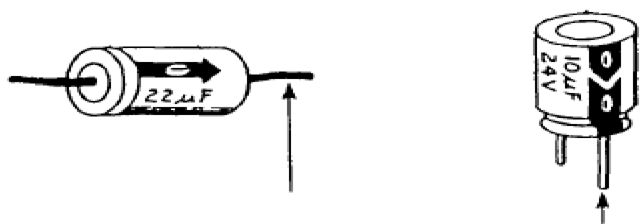


طرق تشفير المعلومات الفنية للمكثفات :

توجد عدة طرق لتشفير المعلومات الفنية للمكثفات تختلف باختلاف نوع المكثف وهي كما يلي :

1. الطريقة الأولى :

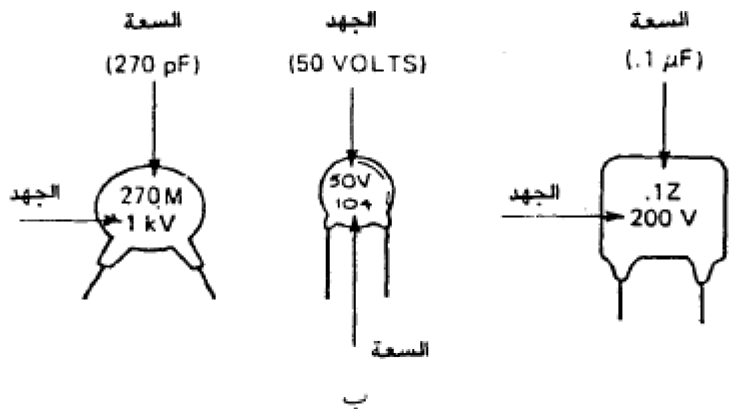
العرض المباشر للمعلومات الفنية : وذلك بكتابتها مباشرة على الغلاف المعدني للمكثف الكيميائي Electrolytic Capacitor، وتكتب سعة المكثف بالميكروفاراد (µF) وجهد التشغيل بالفولت (V)، وكذلك توضع قطبية أحد طرفي المكثف سواء الطرف الموجب + أو الطرف السالب −، وهذا موضح بالشكل (2−9).



شكل (٢ − ٩)

2. الطريقة الثانية - طريقة التشفير الحرفية :

وتستخدم بالنسبة للمكثفات الصغيرة التي تكون على شكل قرص disc حيث يكتب عليها السعة وجهد التشغيل بأكواد مبسطة كما بالشكل (2−10).



شكل (٢ − ١٠)

فالسعات تكتب بأكواد حرفية مثل :

Z وتعني ميكروفاراد µF

M وتعمي بيكوفاراد pf

فمثلاً :

في الشكل (أ) مكثف سعته 1Z، أي 0.1 µF

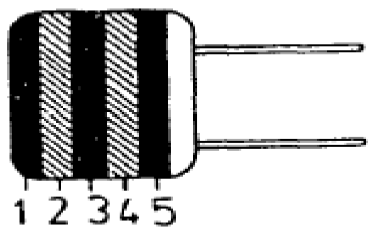
وبالشكل (جـ) مكثف سعته 270 M أي 270 pf.

3. **الطريقة الثالثة - طريقة التشفير العددي:**

ويستخدم فيها ثلاثة أعداد، حيث يمثل العدد الثالث أعداد الأصفار بعد العددين الأول والثاني، ففي الشكل (2−10ب) مكثف سعته يعبر عنها بالشفرة 104 أي 10 0000 PF أي 0.1 μF، في حين يكتب الجهد مباشرة على المكثف، فهو في هذه الحالة 50V.

4. **الطريقة الرابعة – طريقة التشفير بالألوان :**

حيث يرسم عدة شرائط ملونة على غلاف المكثف كما بالشكل (2−11)،



شكل (٢ – ١١)

مثال :

إذا كان لون الشريط الأول بنيا	1 =
الشريط الثاني أسود	0 =
الشريط الثالث برتقاليا	10^3 =
الشريط الرابع أسود	±20% =
الشريط الخامس أحمر	$250V_{DC}$ =

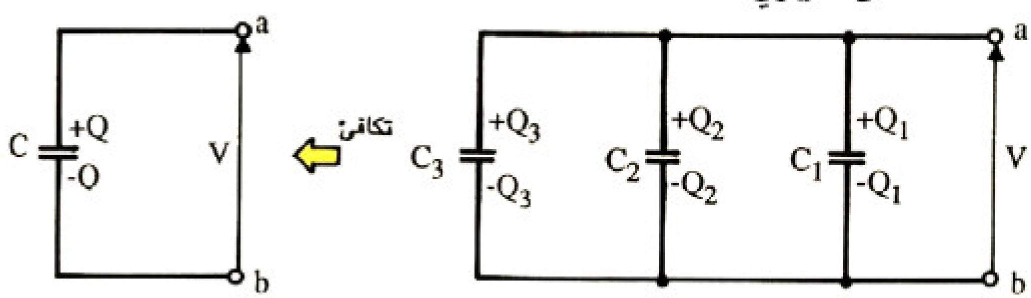
أي أن سعة المكثف تصبح مساوية

$$C = 10 \times 1000 = 10^4 \text{ PF}$$

مع تفاوت يساوي ±20% وجهد التشغيل المستمر يساوى 250 VDC.

توصيل المكثفات :

١ - توصيل المكثفات على التوازي :

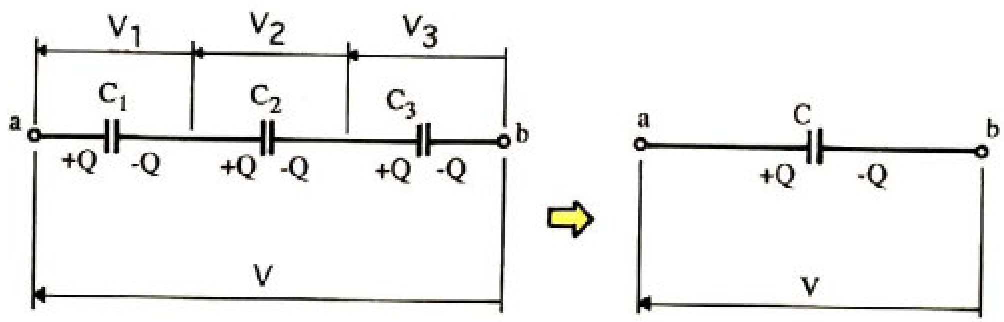


شكل (٧ -٨) توصيل المكثفات على التوازي

وعليه فإن السعة الكلية للمكثفات المتصلة على التوازي هي :

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \quad .... \quad + C_n$$

٢- توصيل المكثفات على التوالي:



شكل (٧ -٩) توصيل المكثفات على التوالي

عليه فإن السعة الكلية للمكثفات المتصلة عل التوالي هي:

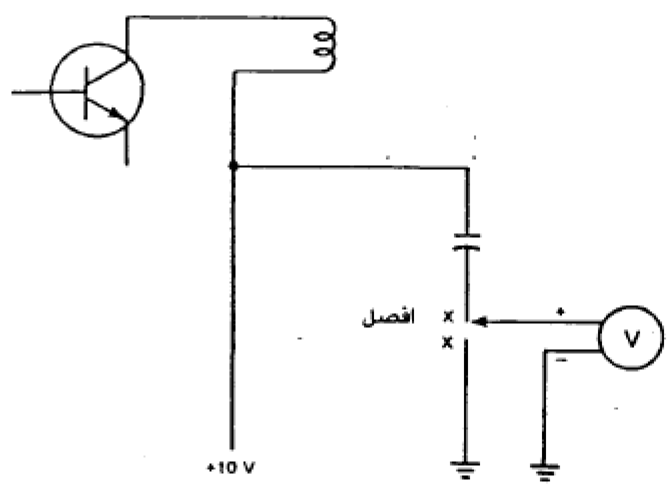
$$\frac{1}{c_t} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} + \ldots\ldots \frac{1}{cn}$$

اختبار صلاحية المكثف :

هناك طريقتان لاختبار صلاحية المكثفات وهما :

الطريقة الأولى (استخدام جهاز الفولتيميتر) :

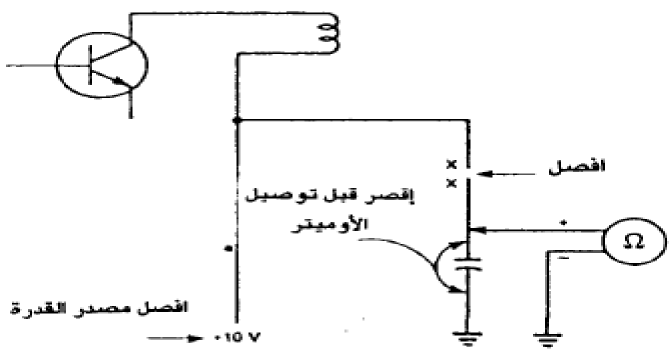
حيث يفصل طرف المكثف الموصل بالأرضي أو بالجهد المنخفض أثناء عمل الدائرة ثم يوصل جهاز الفولتميتر بالتوازي مع المكثف فإذا تحرك مؤشر الجهاز لحظياً لإعطاء قراءة تساوي الجهد المسلط على المكثف ثم العودة للصفر بعد ذلك فقط دل على أن المكثف سليم، أما إذا ثبت المؤشر على أقصى قيمة للجهد فقد دل على أن المكثف به قصر، بينما إذا ثبت المؤشر عند قيمة لا تساوي القيمة القصوى للجهد المسلط على المكثف فقد دل على أن المكثف به تسرب، وإذا لم يتحرك المؤشر بل ثبت على قراءة الصفر دل على أن المكثف مفتوح، والشكل (2−13) يوضح هذه الطريقة.



الطريقة الثانية (استخدام جهاز الأوميتر) :

حيث يفصل المكثف من الدائرة وتفرغ شحنته وذلك بعمل قصر على طرفيه، ثم يوصل جهاز الأوميتر بالتوازي مع المكثف. فالمكثف الجيد يعطي مقاومة صغيرة في البداية، ثم تزداد مقاومته لتصل إلى ما لا نهاية، وذلك لأن جهاز الأوميتر يحتوي بداخله على بطارية، ويتم قياس المقاومات وذلك بقياس التيار المار فيها. وحيث إن المكثف في البداية يكون في حالة تفريغ لذلك يمر تيار كهربي من بطارية الجهاز للمكثف حتى يشحن المكثف بعد ذلك ينقطع مرور التيار الكهربي.

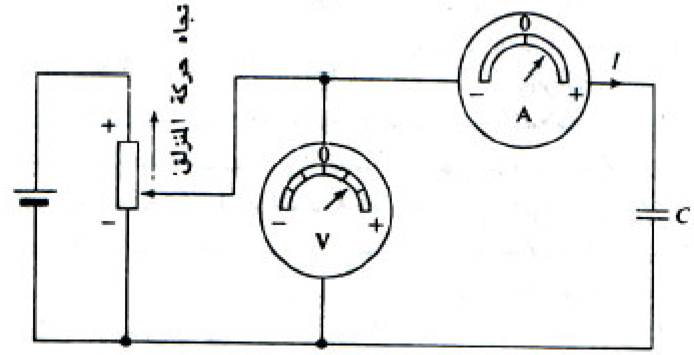
أما إذا ثبتت قراءة الجهاز عند قيمة قريبة من الصفر منذ البداية فقد دل على أن المكثف به قصر وفي حالة ثبات قراءة الجهاز عند قيمة كبيرة منذ البداية فهذا يدل على أن المكثف به تسرب. وفي حالة ثبات قراءة الجهاز عند الصفر منذ البداية فهذا يدل على أن المكثف مفتوح. والشكل (2-14) يوضح طريقة استخدام جهاز الأوميتر في اختبار المكثفات.



شكل (٢ – ١٤)

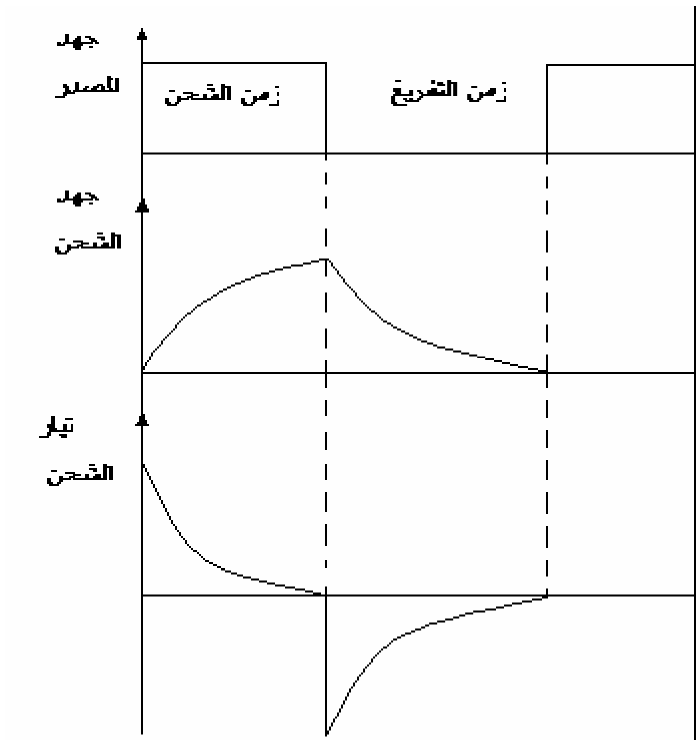
تيار الشحن والتفريغ: -

لنفرض أن المكثف(C) الموضح بالشكل(٧ -٢) كان مفرغاً عند بدء التشغيل وأن منزلق مقياس الجهد اتخذ الوضع الأسفل من مساره وبمعنى آخر لا يوجد أي جهد مسلط بين طرفيه.



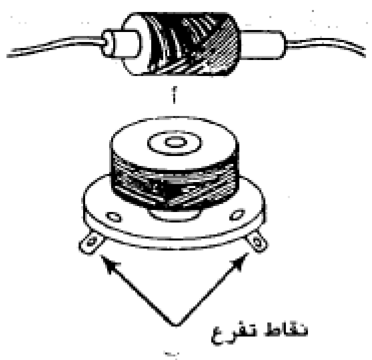
شكل (٧ -٢) عملية شحن المكثف

زمن الشحن والتفريغ : -



شكل (٧ -٤) الشكل الموجى لعملية الشحن والتفريغ

الملفات :



شكل (٢- ١٥)

تقوم الملفات بمعاكسة التغير السريع في التيار المار فيها، أي أن الملفات تقدم معاوقة كبيرة أمام التيار المتردد، في حين تسمح بمرور التيار المستمر الثابت القيمة بدون أي إعاقة.

وتصنع الملفات من أسلاك من سلاك من النحاس ملفوفة على قلب مغناطيسي مصنوع من الحديد السليكوني، ويسمى الملف في هذه الحالة ملفاً مغناطيسياً، أو من سلك من النحاس الملفوف على قلب غير مغناطيسي مثل الورق، ويسمى الملف في هذه الحالة بالملف الهوائي.

والشكل (2-15) يعرض ملفين هوائيين : الأول ذو حث ثابت (أ) والثاني بنقط تفرع (ب).

ويقاس حث الملف بوحدة الهنري H. وهذه الوحدة كبيرة جداً لذلك تستخدم عادة أجزاء من هذه الوحدة مثل (mH) أي ملي هنري وتساوي (0.001H).

أنواع الملفات: -

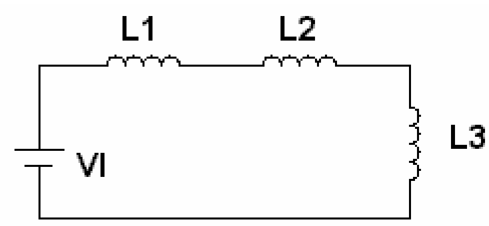
قسمة الملفات على حسب الوسط (القلب) الملفوف عليه إلى ثلاثة أنواع : -

١ - ملف هوائي.
٢ - ملف ذو قلب حديدي.
٣ - ملف ذو قلب ورقي.

توصيل الملفات: -

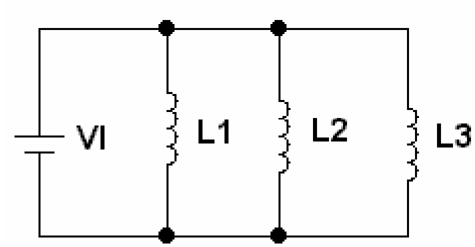
ينطبق عليها ما ذكرنا في توصيل المقاومات من حساب المحاثة الكلية والتيارات والجهود.

١ - توصيل الملفات على التوالي:



$L_T = L_1 + L_2 + L_3$

٢ - توصيل الملفات على التوازي :



$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots\ldots \frac{1}{L_n}$$

الأعطال المتوقعة في الملفات:

الملف ما هو إلا سلك بطول معين يفترض أن تكون مقاومته تساوي صفر.

لذلك عند قياس مقاومته بالأوميتر فإن المؤشر سيعطي قيمة صغيرة (حيث إن الملفات الموجودة بالسوق ليست مثالية لذلك تعطي مقاومة بين طرفيها) وهذا دليل على أن الملف سليم. إذ أن أغلب أعطال الملف تكمن من مرور تيار عالي يؤدي إلى صهر السلك وحدوث فتح بين حرفيه(OPEN).

اختبار صلاحية الملف :

تختبر الملفات باستخدام جهاز الأوميتر حيث يفصل الملف من الدائرة ويوصل جهاز الأوميتر مع الملف على التوازي، فإذا كانت قراءة الجهاز تتراوح ما بين (50Ω: 1) دل على أن الملف سليم.

وإذا كانت قراءة الجهاز صفراً فقد دل على أن الملف به قصر.

وإذا كانت قراءة الجهاز قيمة كبيرة جداً تقترب من ما لا نهاية فقد دل على أن الملف مفتوح.

ذكرنا سابقا عملية الشحن والتفريغ. وحيث إن المقاومة والمكثف يستخدمان في دوائر النبضات الإلكترونية وفي دوائر التوقيت ويتحدد التوقيت في هذه الدوائر بالطريقة التي يتغير بها الجهد بين طرفي المكثف أو بين طرفي المقاومة هذا ويوجد باراميتر لمثل هذه الدوائر هو الثابت الزمني ورمزه(τ) (وهو حرف يوناني ينطبق تاو)

حيث:

T = RC S ثانية

حيث إن R هي مقاومة الدائرة و"c" هي سعة المكثف بالفاراد.

ومنه نقول أن الثابت الزمني T هو الزمن الذي يستغرقه تيار الشحن من أجل أن يضمحل إلى 37% من القيمة الابتدائية.

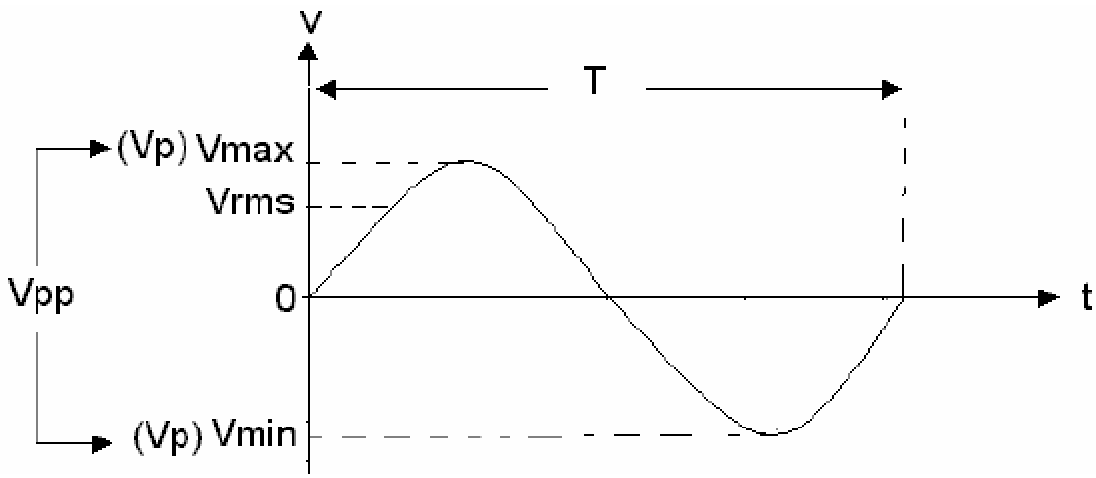
وهو أيضا الزمن اللازم ليضمحل جهد المقاومة إلى قيمة تساوي 37% من جهد المصدر.

وكذلك جهد المكثف قد يزداد من الصفر إلى 63% من جهد المصدر.

وعلية فإن الزمن اللازم لشحن المكثف (يصل جهد المكثف إلى 99% من قيمته النهائية) هي خمسة أضعاف الثابت الزمني.

زمن الشحن =τ =5T

المفاهيم الأساسية والتعريفات الخاصة بالتيار المتردد :



شكل (٨ -٣) الموجة الجيبيه

١. الزمن الدوري **T (PERIODIC TIME)** :

هو الزمن اللازم لأتمام دورة كاملة ويقاس بالثانية (S)

٢. التردد **F (FREQUENCY)** :

هو عدد الدورات في الثانية الواحدة ويقاس بوحدة الهرتز (HZ) ويرمز له بالرمز(F)

$$F=1/T \quad ... \quad HZ$$

١- القيمة العظمي (VMAX) :

وهي أقصى قيمة موجبة يصل إليها التيار وتسمى أيضا جهد القمة (VP).

٢- القيمة الصغرى (VMIN) :

وهي أقصى قيمة سالبة يصل إليها التيار وتسمى أيضا جهد القمة السالبة (VP)

٣- جهد القمة للقمة(VPP) :

وهو عبارة عن ارتفاع الموجة من القمة الموجبة إلى القمة السالبة ويساوي :

$$VPP=2VP$$

٤- القيمة الفاعلة للجهد (VRMS):

وهي قيمة الجهد الذي يقيسه جهاز الأفوميتر ويحسب بدلالة القيمة العظمى حيث

$$Vrms = \frac{V\max}{\sqrt{2}}$$

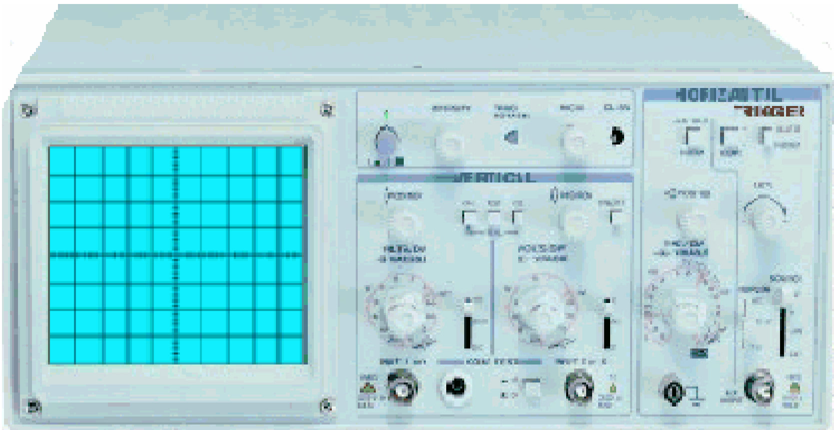
٥- القيمة اللحظية للجهد والتيار: -

إن قيمة الجهد والتيار تتغير في الموجة الجيبية مع تغير الزمن ويمكن إيجاد القيمة عند أي لحظة من الزمن بواسطة المعادلة

$$I=IMAX\ \ SIN\ A$$

$$V=VMAX\ \ SIN\ A$$

OSCILLOSCOPE

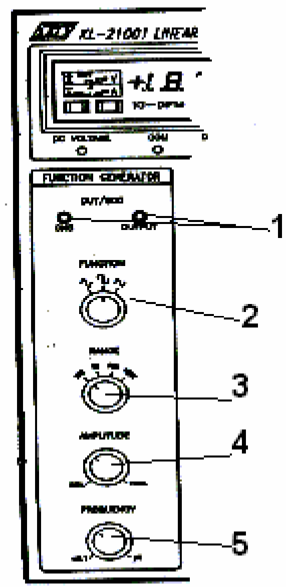


يعتبر الأوسيليسكوب من أهم أجهزة قياس واختبار الدوائر الإليكترونية حيث إنه يمكننا من رؤية الإشارات في نقاط متعددة من الدائرة وبالتالي نستطيع اكتشاف إذا كان أي جزء يعمل بطريقة صحيحة أم لا. فالأوسيليسكوب يمكننا من رؤية صورة الإشارة ومعرفة شكلها فيما إذا كانت جيبية أو مربعة مثلا.

جهاز مولد الذبذبات

FUNCTION GENERATOR

جهاز مولد الذبذبات يستخدم لتوليد إشارات متغيرة نستطيع التحكم في قيمة التردد والجهد وأيضا شكل الإشارة لها ، وتستخدم هذه الإشارة كدخل للدوائر المراد تطبيق هذه الإشارة عليها. وكما ذكرنا سابقا فإنه يوجد في اللوحة الرئيسية للتجارب كما بالشكل أدناه:



١- المخرج التي نأخذ منها الإشارة المتولدة.

٢- مفتاح اختيار شكل الإشارة المتغيرة(FUNCTION) (جيبية – مربعة – مثلثة)

٣- مفتاح يتيح لنا اختيار نطاق التردد(RANG) ما بين القيم التالية (100-1K-10K-100K)

٤- مفتاح لضبط قيمة جهد موجة الخرج (AMPLITUDE)

٥- يستخدم مع المفتاح رقم ٣ لضبط التردد (FREQUENCY) حيث عند اختيار نطاق 1K فإن هذا المفتاح يتيح لنا التغيير في التردد من 100HZ تقريبا إلى 1KHZ وهكذا

الفصل الثاني
العناصر الإلكترونية الشائعة الاستخدام

عناصر متنوعة :

سنتناول في هذه الفقرة مجموعة من العناصر التي كثيراً ما تستخدم في الدوائر الإلكترونية، مثل : المصهرات – المفاتيح – الضواغط – ريلهات التحكم – المحولات.

المصهرات :

يتم – عادة – حماية الدوائر الإلكترونية من الزيادة المفرطة للتيار الكهربي عند حدوث قصر بالدائرة، أي تلامس الطرف الموجب (+) مع الطرف السالب (–) أو مع أرضى الدائرة، وذلك باستخدام المصهرات.

تكون – عادة – المصهرات على شكل أنبوبة مصنوعة من الزجاج أو السيراميك لها قاعدتان معدنيتان متصلتان معاً من الداخل بسلك رفيع من النحاس أو الرصاص.

وهذا السلك مصمم لكي ينقطع عند زيادة قيمة التيار المار بالمصهر عن الحد المقنن للمصهر بقيمة كبيرة.

وهناك أنواع متعددة من المصهرات حسب سرعة فصلها. وفيما يلي الأنواع المختلفة للمصهرات تبعاً لسرعة الفصل :

1. مصهرات سريعة الفصل بدرجة كبيرة Super - Quick - Acting (FF) :

وتستخدم لحماية العناصر الإلكترونية المصنوعة من أشباه الموصلات، ويرمز لها بالرمز FF والجدول (2–8) يبين خواص هذا النوع.

الجدول (٢ - ٨)

شدة التيار	1.2 In	2 In	2.75 In	4 In	10 In
أدنى زمن للفصل	60 min	10 mS	4 mS	2 mS	-
أقصى زمن للفصل	-	2 S	5 omS	5 mS	2 mS

حيث إن :

التيار المقنن للمصهر In

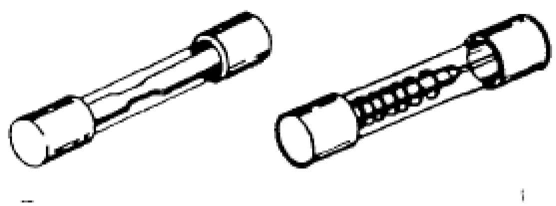
دقيقة (min) , ثانية (S) , ملي ثانية (ms)

2. مصهرات سريعة الفصل (F) Quick acting

3. مصهرات تتحمل قفزات التيار المفاجئة (T) Surge-Anti :

وهي تتحمل تياراً يساوى 10 مرات من التيار المقنن لها بدون أن تنهار، وذلك خلال فترة زمنية تساوي 20 ms وتستخدم لحماية المحولات.

والشكل (2-17) يعرض نموذجاً لمصهر نوع T الشكل (أ)، وآخر لمصهر سريع الفصل F الشكل (ب).



شكل (٢-١٧)

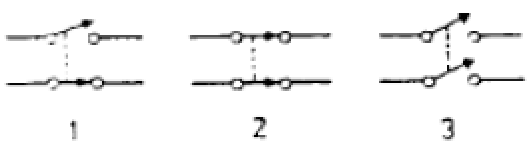
المفاتيح اليدوية Switches :

تعد المفاتيح اليدوية وسيلة الوصل والفصل اليدوية في الدوائر الإلكترونية، ويوجد أنواع مختلفة للمفاتيح تبعاً لوظيفتها، مثل :

1. مفتاح قطب واحد/ سكة واحدة (SPST). وهذا المفتاح يحتوي على ريشة واحدة إما مغلقة أو مفتوحة. فعند تشغيل المفتاح تفتح ريشته المغلقة NC أو تغلق ريشته المفتوحة NO.



2. مفتاح قطبين/ سكة واحدة (DPST) وهذا المفتاح يحتوي على ريشتين مفتوحتين 2 NO أو مغلقتين 2 NC أو إحداهما مفتوحة والأخرى مغلقة (NO + NC). وعند تشغيل هذا المفتاح يدوياً تنعكس حالة ريشة المفتاح فتغلق الريشة المفتوحة NO وتفتح الريشة المغلقة NC.



3. مفتاح قطب واحد/ سكتان (SPDT). وهذا المفتاح له ريشة قلاب CO ويكون للمفتاح ثلاثة أطراف، أحدهما: مشترك والثاني: مفتوح والثالث: مغلق. فعند تشغيل هذا المفتاح تنعكس حالة هذا المفتاح فيغلق الطرف المفتوح ويفتح الطرف المغلق.

4. مفتاح قطبين/ سكتان (DPDT). وهذا المفتاح مزود بريشتي قلاب كالموجودة في المفتاح (SPDT).

علماً بأن الأنواع الأربعة السابقة تتواجد في عدة صور تبعاً لطريقة تشغيلها مثل:

أ- مفتاح بذراع يدوي Toggle Switch.

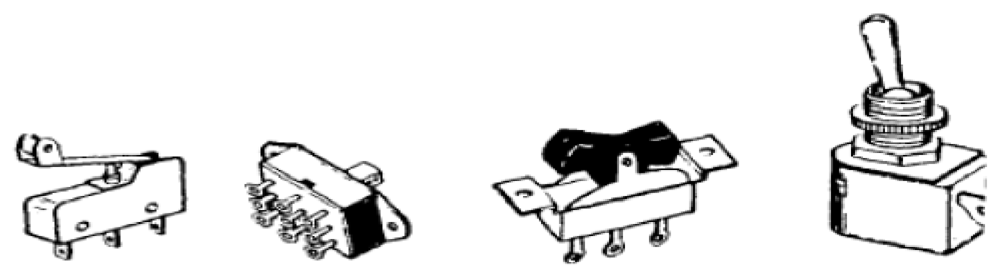
ب- مفتاح قلاب Rocker Switch.

ج- مفتاح منزلق Slide Switch.

د- مفتاح نهاية مشوار Limit Switch.

هـ- مفتاح انضغاطي Push Button Switch.

ويتم تشغيل هذه الأنواع باليد، عدا أن مفتاح نهاية المشوار يتم تشغيله عند دفعه بجسم متحرك أو كامة متحركة.



أ ب جـ د

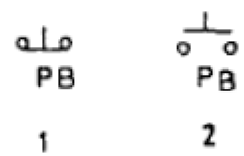
5. مفاتيح الاختيار ذات المواضع المتعددة. وهذه المفاتيح تحتوي على قطب واحد أو أكثر ويكون لها عدة أوضاع تشغيل وهناك نوعان من هذه المفاتيح تبعاً لطريقة تشغيلها، مثل : المفاتيح الدوارة Rotary Switch.

وهذه المفاتيح لها يد تشغيل دوارة، والمفاتيح المنزلقة Slide Switch والمفاتيح الدوارة العاملة بالمفك Dip Rotary Switches وفيما يلي رمز لفتاح دوار بستة مواضع (الرمز 1) ورمز مفتاح اختيار منزلق بثلاثة مواضع (الرمز 2).



الضواغط Push Buttons :

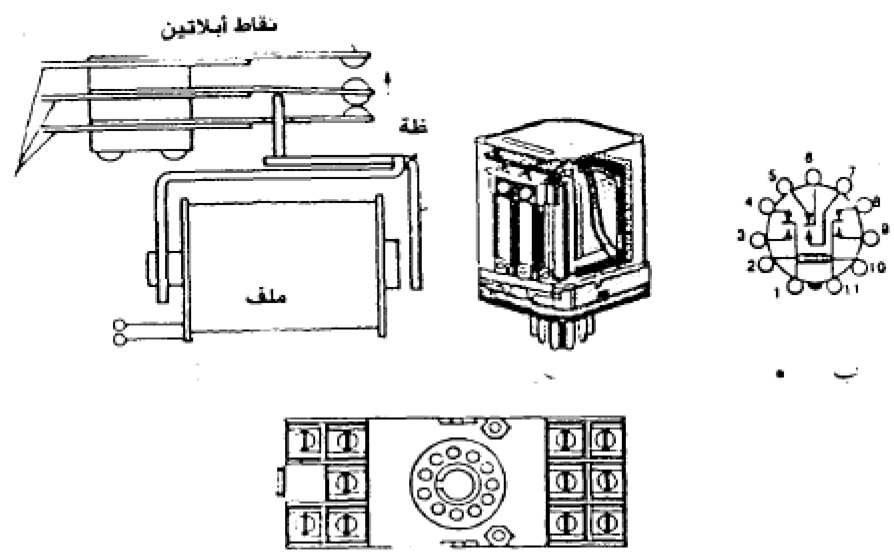
هناك فرق جوهري بين الضاغط والمفتاح الانضغاطي، فالأول تتغير حالة ريشه أي المغلقة تصبح مفتوحة والمفتوحة تصبح مغلقة أثناء الضغط على زرها فقط، أما المفتاح الانضغاطي فتتغير حالة ريشه، أي تصبح الريشة المغلقة مفتوحة والريشة المفتوحة مغلقة عند الضغط عليه، ويظل كذلك إلى أن يتم الضغط عليه مرة أخرى، فتعود الريش لحالتها الطبيعية.



الرمز 1 لضاغط بريشة مغلقة NC و الرمز 2 لضاغط بريشة مفتوحة NO

ريلهات التحكم Control Relays :

الريلاى هو وسيلة كهرومغناطيسية لوصل وفصل الدوائر الإلكترونية والشكل (2-19أ) يعرض التركيب الداخلي لأحد الريلهات الكهرومغناطيسية. فعند توصيل التيار الكهربي للملف يتكون مجال مغناطيسي قادر على جذب القلب المغناطيسي، فتقوم الحافظة بتغيير وضع ريشة التلامس للريلاى فتصبح الريشة المفتوحة مغلقة والعكس بالعكس، ولكن بمجرد انقطاع الكهربي عن ملف الريلاى تعود ريشة الريلاى لوضعها الطبيعي. الشكل (2-19) يعرض نموزج لاحد ريلهات التحكم.



شكل (٢- ١٩)

وهناك نوعان من الريلهات : الأول : يثبت على اللوحة المطبوعة PB والتي يثبت عليها العناصر الإلكترونية، والثاني : يثبت على قاعدة تثبيت.

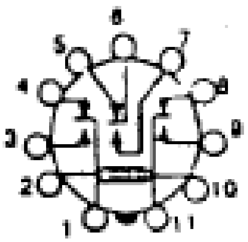
ويلاحظ من مخطط أطراف التوصيل للريلاى الشكل (2−19) أن هذا الريلاى يحتوي على ثلاث ريش قلاب CO.

فأطراف الريشة القلاب الأولى 1-3-4

وأطراف الريشة القلاب الثانية 6-7-5

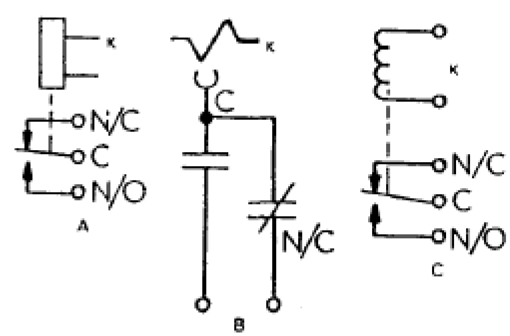
وأطراف الريشة القلاب الثالثة 11-9-8

وأطراف الملف هي 2-10



ب •

و فيما يلي الرموز المختلفة للريلهات

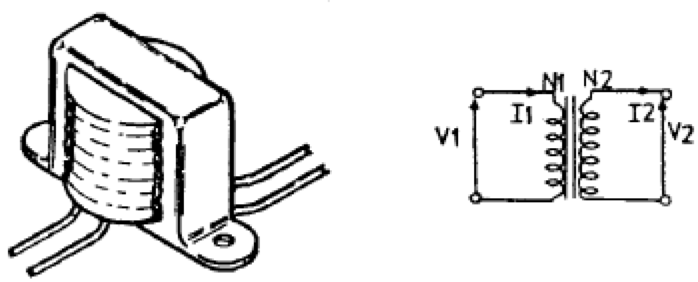


المحولات Transformers :

المحولات هي أجهزة تقوم بخفض أو رفع الجهد المتردد، وتستخدم المحولات في بناء مصادر التيار المستمر بخفض الجهد المتردد من 220V أو 120V إلى 24V أو 12V أو 5V، وتستخدم المحولات أيضاً في دوائر إشعال الثايرستور والترياك. وللمحولات استخدامات أخرى متعددة في الدوائر الإلكترونية.

ويتكون المحول في العادة من ملفين: حدهما : يسمى بالملف الابتدائي، والثاني: يسمى بالملف الثانوي.

وفيما يلي رمز لمحول له ملف ابتدائي عدد لفاته N_1 ومسلط عليه جهد متردد V_1 ويمر به تيار I_1، وله ملف ثانوي عدد لفاته N_2 ويمر به تيار I_2 ويوجد جهد على أطرافه V_2. حيث الشكل (20-2) يعرض نموزج لمحول و الدائرة المكافئة له



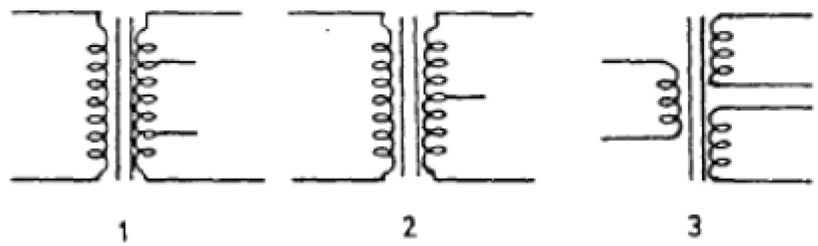
والمعادلة 2.10 تسمى بمعادلة المحول

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow 2.10$$

ويختار المحول – عادة – تبعاً للجهود المطلوبة في الابتدائي والثانوي، وكذلك تبعاً لسعة المحول (VA) والتي نحصل عليها من المعادلة 2.11 :

$$VA = V_2 I_2 = V_1 I_2 \qquad (VA) \rightarrow 2.11$$

وبعض المحولات تحتوي على أكثر من ملف ثانوي للحصول على أكثر من جهد من الجانب الثانوي، والآخر يحتوي على ملف ثانوي بنقطة منتصف أو أكثر.



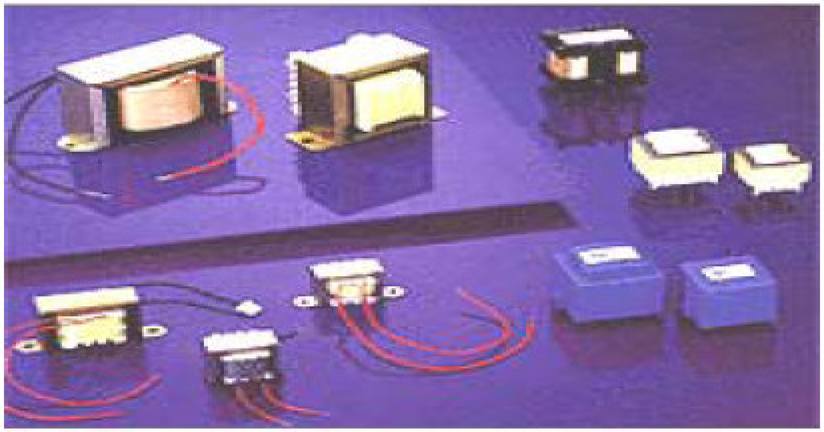
فالرمز 1 لمحول بعدة نقاط تفرع. والرمز 2 لمحول بملف ثانوي بنقطة منتصف (نقطة تفرع).

والرمز 3 لمحول بملفين ثانويين.

أما محولات النبضات فتستخدم لعزل دائرة إشعال الثايرستور أو الترياك عن دائرة القدرة، وعادة فإن محولات النبضات تكون لها نسبة تحويل $N_1 : N_2$ مساوية 1 : 1 وهذا يعني أن عدد لفات الملف الابتدائي يساوي عدد لفات الملف الثانوي، ولكن هذا لا يعني أن عدد لفات كلاً منهما لفة واحدة.

المحولات الكهربائية

Transformers



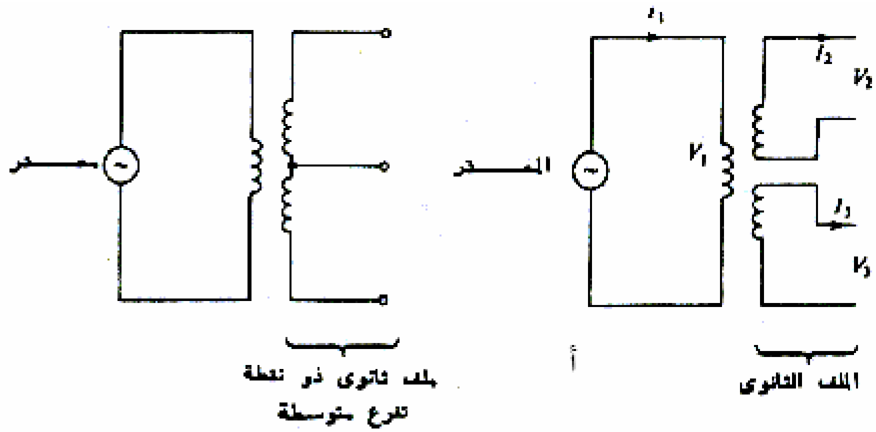
شكل(٩ -١)

المحول الكهربائي هو عنصر لتحويل القدرة المتغيرة عن طريق الحث الكهرومغناطيسي من مستوى معين لمستوى آخر . سواء بالنسبة للجهد أو التيار .والشكل (٩ -١) يرينا بعض أشكال المحولات الموجودة في الحياة العملية

المعادلة العامة للمحول : -

$$N = \frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2}$$ نسبة التحويل

المحولات متعددة اللفات والمحولات ذات نقطة التفريع المتوسطة :



شكل (٩ -٣)

يستخدم المحول ذو الملفين الثانويين شكل (٩ -٣ -أ) عندما تدعو الحاجة لمصدرين للجهد منفصلين كهربائيا

كما يستخدم الملف ذو نقطة التفرع المتوسطة شكل (٩ -٣ -ب) بكثرة مع مصادر القدرة التي تغذي دوائر التوحيد ودوائر التلفزيون والتحكم الآلي ودوائر الاتصالات .

تحديد نوعية المحول بناء على نسبة التحويل (N) :

يوجد ثلاثة أنواع من المحولات التي تعتمد في تصنيفها على نسبة التحويل وهي:

(N=1) وقيمة عدد لفات الملف الثانوي تساوي عدد لفات الملف الابتدائي وعليه فإن الجهد الداخل يساوي الجهد الخارج وهذا النوع من المحولات يستخدم للربط بين دوائر التكبير ذات المتعددة .

(N>1) وهذا يعني ان عدد الملفات الثانوية اكبر من عدد الملفات الابتدائي وفي هذه الحالة فإن المحول يكون رافع للجهد (جهد الخرج أكبر من جهد الداخل) .

(N<1) عدد لفات الملف الابتدائي أكبر من عدد لفات الملف الثانوي أي أن جهد الخرج أصغر من جهد الدخل (محول خافض للجهد) .

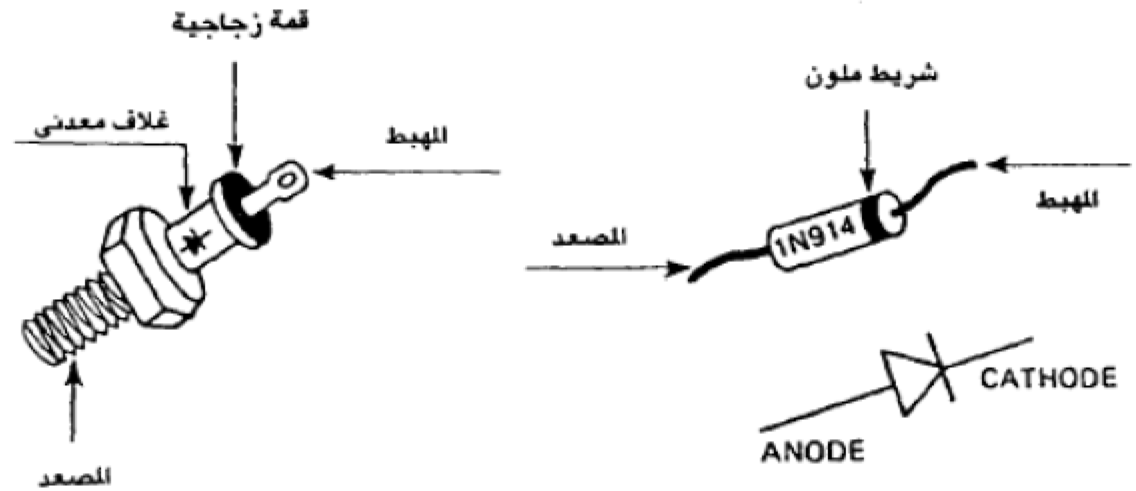
طريقة فحص المحول الكهربائي :

يتم فحص الملف الابتدائي أولا وذلك بتوصيل طرفي جهاز الأوميتر على طرفي الدخل وقياس قيمة مقاومة الملف بحيث يكون التدريج على اقل قيمة فإن أعطى مقاومة صغيرة فهذا دليل على أن الملف الابتدائي سليم وأما إذا أعطى قراءة صفر فذلك مؤشر على وجود قصر وإذا لم يتحرك المؤشر فمعنى ذلك حدوث فتح في الملف . وبنفس الطريقة نفحص الملف الثانوي.

الثنائيات (الموحدات) Diodes :

يتكـــون الثنائي عادة من وصلة ثنائية P-N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل السليكون (Si) أو الجرمانيوم (Ge)، ويتواجد الثنائي عادة في الأسواق على شكل أسطوانة مرسوم عليها شريط ملون على أحد جانبيه، للدلالة على مكان المادة السالبة (N) والتي تمثل المهبط Cathode، أما الجانب الآخر فيمثل المادة الموجبة (P)، والتي تمثل المصعد Anode.

و الشكل (2–21) يعرض نموزج لثنائي صغير طراز 1N914 و رمزه و صورة لثنائي كبير



شكل (٢ – ٢١)

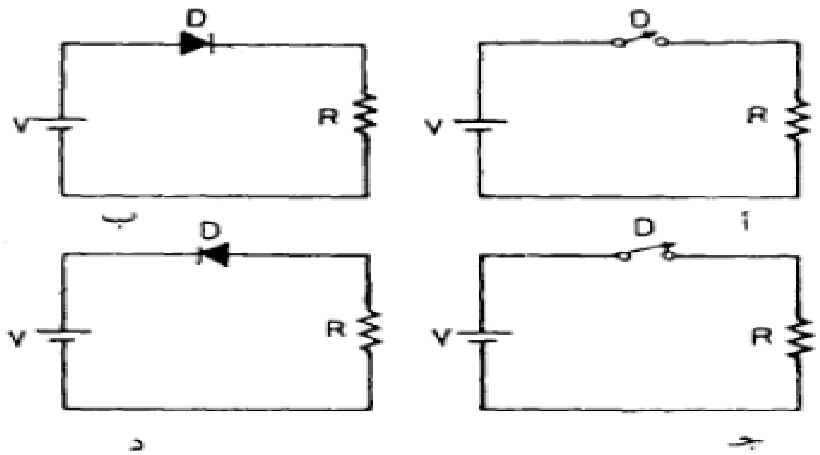
ويعتبر الثنائي في الوضع الطبيعي كمفتاح مفتوح وبمجرد تعريضه لانحياز أمامي Forward Bias أي ارتفاع جهد المصعد A عن جهد المهبط K بمقدار 0.7V تقريباً يصبح كمفتاح مغلق ويكون اتجاه مرور التيار الكهربي من المصعد إلى المهبط، ويقال إن الثنائي في حالة وصل ON أما عند تعريض الثنائي لانحياز عكسي Reverse Bias أي تعريض المهبط Cathode لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد Anode فإنه يمر تيار صغير جداً يسمى بتيار التسرب Leakage Current ويعمل الثنائي كمفتاح مفتوح ويقال إن الثنائي في حالة قطع Off.

ويلاحظ أن ثنائي السليكون يوصل عند جهد أمامي 0.7V، بينما يوصل ثنائي الجرمانيوم عند جهد أمامي 0.3V لذلك يقال إن فقد الجهد في ثنائي السليكون عندما يكون منحازاً أمامياً مساوياً 0.7V، تقريباً في حين أن فقد الجهد في ثنائي الجرمانيوم عندما يكون منحازاً أمامياً يساوى 0.3V تقريباً.

والجدير بالذكر أن الثنائي السليكوني هو السائد تقريباً في أسواق الثنائيات، لأنه الأكثر استقراراً في درجات الحرارة العالمية.

وتستخدم – عادة – ثنائيات الجرمانيوم في أغراض كشف الإشارات، في حين تستخدم ثنائيات السليكون في أغراض التوحيد وفي التطبيقات العامة.

و يبين الشكل (2–22) طريقة عمل الثنائي

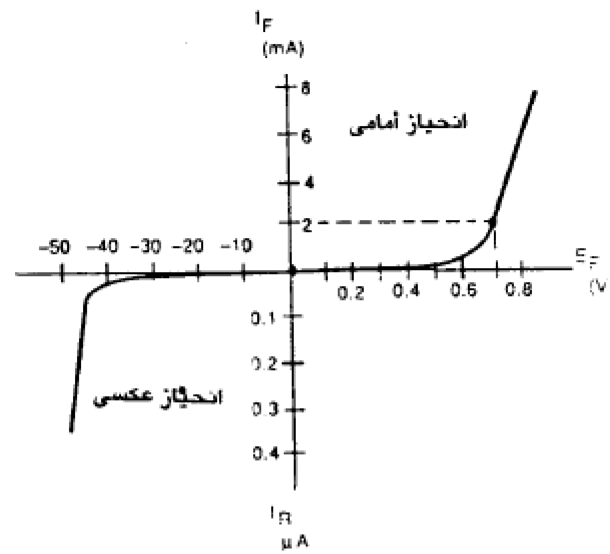


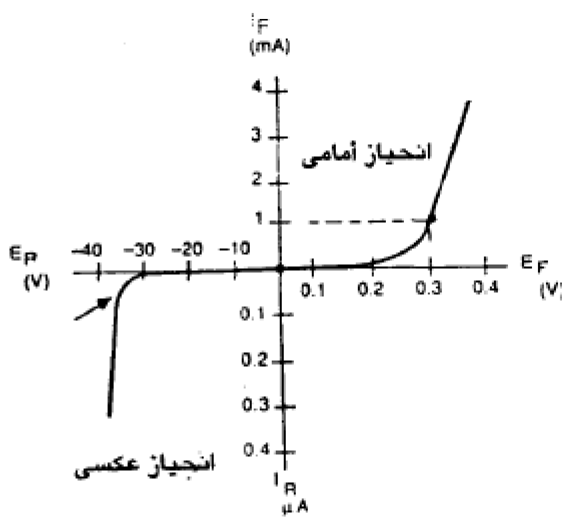
شكل (٢ – ٢٢)

وينصح بتشغيل الثنائي عند جهد أقل من الجهد العكسي الأقصى (PIV) والذي عنده ينهار الثنائي عندما يكون منحازاً عكسياً.

فمثلاً : الثنائي السليكوني الذي خواصه مبينة بالشكل (2−23أ) له جهد عكسي أقصى يساوى -50V في حين أن الثنائي الجرماني الذي خواصه مبينة بالشكل (2−23ب) له جهد عكسي أقصى يساوى 40V.

و يعرض الشكل (2−23) منحنيا لخواص الثنائي السيليكوني SI الشكل (أ) و خواص ثنائي الجرمانيوم Ge الشكل (ب)





التعريف بالرموز المستخدمة في الشكل (2-23) :

تيار الانحياز الأمامي	I_F
تيار الانحياز العكسي	I_R
جهد الانحياز الأمامي	E_F
جهد الانحياز العكسي	E_R

جداول اختيار الثنائيات :

تقسم الثنائيات إلى ثنائيات إشارة Signal Diodes وثنائيات قدرة Power Diodes.

و الجدول (2−9) يعرض المعلومات الفنية لبعض ثنائيات القدرة

الطراز	PIV (v)	I_F (A)	V_F (V)	$I_{r\,max}$ (μA)
1N 4001	50	1	1.1	10
1N 4002	100	1	1.1	10
1N 4003	200	1	1.1	10
1N 4004	400	1	1.1	10
1N 4005	600	1	1.1	10
1N 4006	800	1	1.1	10
1N 4007	1000	1	1.1	10
1N 5400	50	3	1.1	10
1N 5401	100	3	1.1	10
1N 5402	200	3	1.1	10
1N 5404	400	3	1.1	10
1N 5406	600	3	1.1	10
1N 5407	800	3	1.1	10
1N 5408	1000	3	1.1	10

حيث إن :

الجهد العكسي الأقصى للثنائي PIV

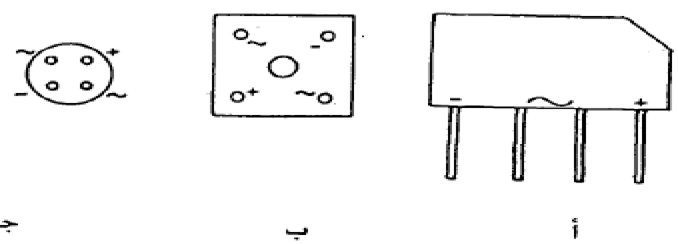
التيار الأمامي I_F

التيار العكسي الأقصى $I_{r\,max}$

الجهد الانحيازي الأمامي V_F

وتوجد أنواع من الثنائيات السيلكونية تتحمل تيارات تصل إلى 75V. ويوجد في الأسواق قناطر توحيد Bridge Rectifiers تتكون من أربعة ثنائيات سليكونية، وتستخدم هذه القناطر في دوائر

التوحيد التي سوف نتناولها في الفقرة القادمة. وتزود هذه القناطر بأربعة أطراف، طرفان لدخول التيار المتردد ويرمز لهما ~، ~ وطرفان لخروج التيار المستمر ويرمز لهما +، - والشكل (2-24) يبين ثلاثة نماذج لقناطر التوحيد وهي : قنطرة توحيد بأربعة أرجل في صف واحد In line , قنطرة توحيد مربعة Square , قنطرة توحيد أسطوانية Cylinder



شكل (٢ – ٢٤)

السلسلة	الشكل	IF
WO	أسطوانية	1
SKB2	بأرجل فى خط واحد	1.6
KBPC	مربعة	2:6
SKB25	مغطاة بالإيبوكسى	6:35

والجدير بالذكر أن جميع هذه السلاسل تثبت على لوحة مطبوعة PC عدا الأخيرة فتثبت على مبردات حرارية Heat Sinks، وعادة فإن معظم هذه القناطر تتوفر عند جهود 200, 400, 600V.

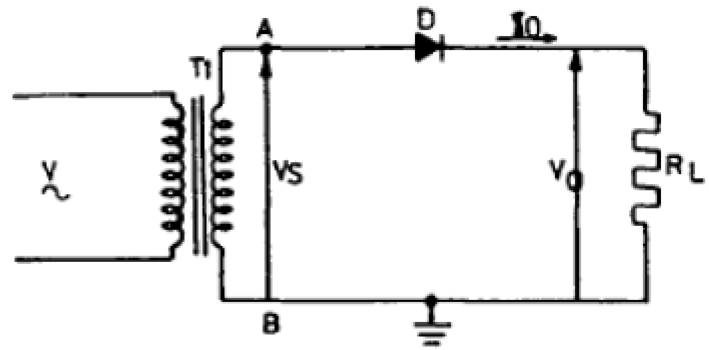
دوائر التوحيد Rectification Circuits :

تقوم دوائر التوحيد بتحويل التيار المتردد AC إلى تيار مستمر DC، وهناك عدة أنواع من دوائر التوحيد الأحادية الوجه Single Phase وهي كما يلي :

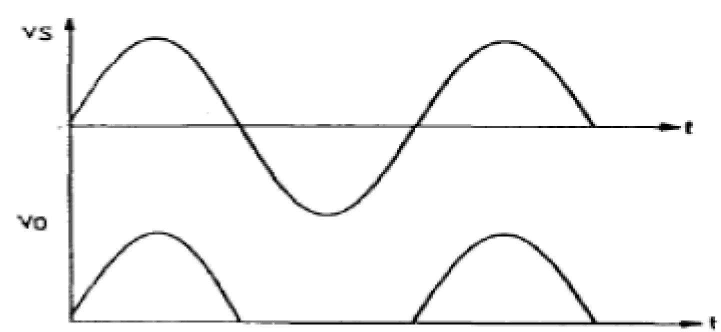
1. دائرة توحيد النصف موجة.
2. دائرة توحيد الموجة الكاملة باستخدام محول بنقطة تفرع في المنتصف.
3. دائرة توحيد الموجة الكاملة باستخدام قنطرة توحيد.

أولاً : دائرة توحيد نصف الموجة :

الشكل (2−25) يعرض دائرة توحيد نصف موجة تستخدم ثنائي سليكوني D_1، فعندما يكون فرق الجهد $V_{AB} = 0.7V$ أي أن جهد النقطة A أعلى من جهد النقطة B بمقدار 0.7V يتحول الثنائي D_1 لحالة الوصل ON وهذا يؤدي لمرور التيار الكهربي في المقاومة R_L وبمجرد انخفاض فرق الجهد V_{AB} عن 0.7V فإن الثنائي يتحول لحالة القطع OFF وينقطع مرور التيار الكهربي في المقاومة R_L.

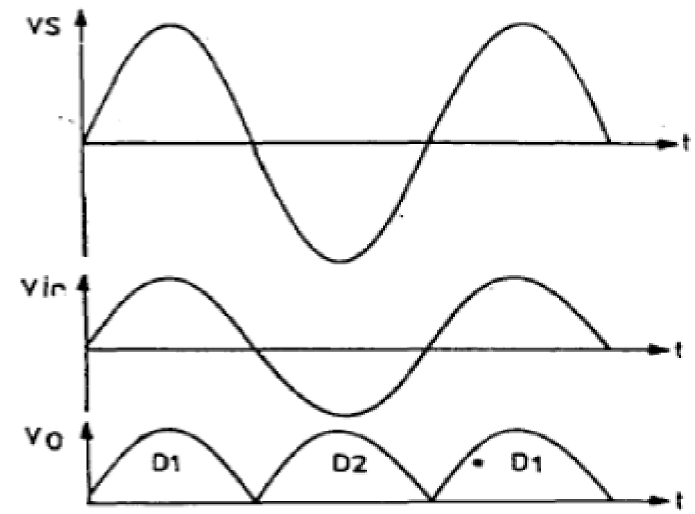


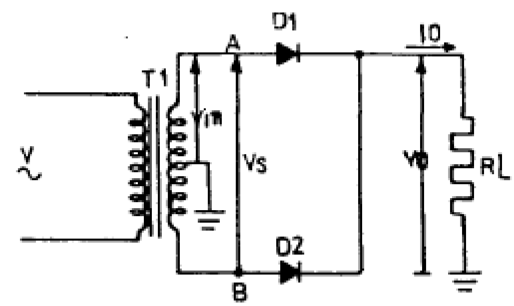
شكل (٢ − ٢٥)



ثانياً : دائرة توحيد الموجة الكاملة :

الشكل (2−27) يعرض دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام محول له نقطة تفرع في منتصف الملف الثانوي. فعندما يكون الطرف A موجباً فإن الثنائي D_1 سيكون في حالة وصل ON، ويمر التيار الكهربي خلاله وصولاً للمقاومة R_L، وذلك في نصف الموجة الموجب لجهد الملف الثانوي للمحول Vs، وعندما يكون جهد الطرف B موجباً فإن الثنائي، D_2 سيكون في حالة وصل ON، ويمر التيار الكهربي خلاله وصولاً للمقاومة R_L، وذلك خلال نصف الموجة السالب لجهد الملف الثانوي للمحول Vs.

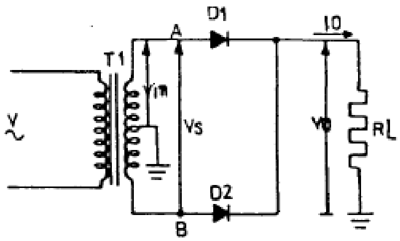




شكل (٢ – ٢٧)

ويعاب على هذه الدائرة (دائرة التوحيد بمحول له نقطة منتصف) ما يلي :

1. الجهد الخارج على الحمل صغير.
2. تحتاج لثنائيات تتحمل جهداً عكسياً كبيراً مقارنة بالجهد الخارج.



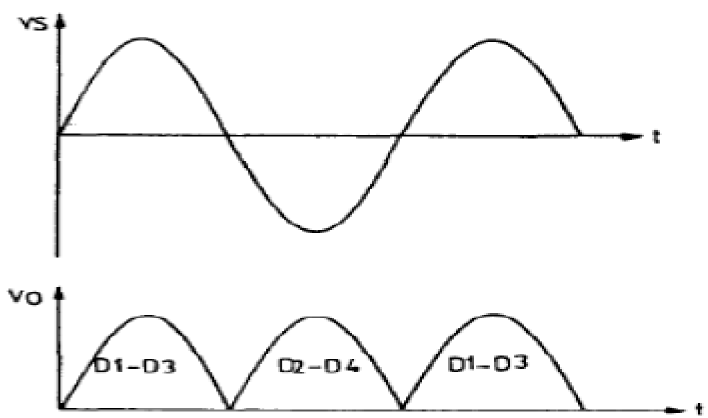
شكل (٢ – ٢٧)

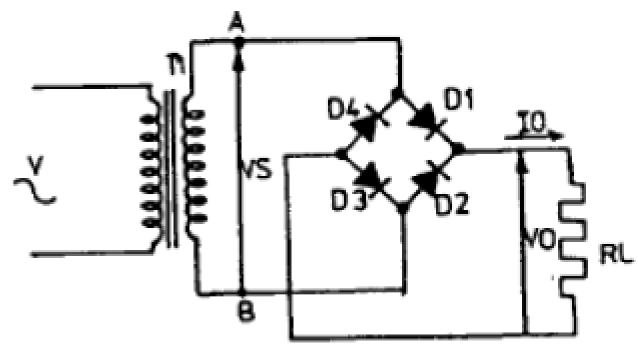
و الشكل (2–29) يعرض دائرة توحيد موجة كاملة مستخدما قنطرة توحيد

ففي نصف الموجة الموجب لجهد الملف الثانوي Vs فإن الطرف A يكون موجباً فيمر التيار الكهربي من النقطة A عبر الثنائي D_2 ثم مقاومة الحمل R_L ثم الثنائي D_3 وصولاً للنقطة B.

وفي نصف الموجة السالب لجهد الملف الثانوي Vs فإن الطرف B يكون موجباً فيمر التيار الكهربي من النقطة B عبر الثنائي D_4 ثم مقاومة الكهربي R_L.

و الشكل (2–30) يبين شكل موجةالجهد





و الجدول (2-11) يعقد مقارنة بين خواص دوائر التوحيد السابقة

وجه المقارنة	دائرة توحيد نصف موجة	محول بنقطة منتصف	قنطرة توحيد
الجهد الخارج Vo	$0.45\ V_s$	$0.45\ V_s$	$0.9\ V_s$
التيار الخارج Io	$0.64\ I_s$	$1.27\ I_s$	$0.9\ I_s$
سعة المحول VA	$3.5\ I_o\ V_o$	$1.74\ I_o\ V_o$	$1.23\ I_oV_o$
الجهد الثانوى للمحول Vs	$2.2\ V_o$	$2.2\ I_o$	$1.1\ V_o$
تيار الموحد	I_o	$0.5\ I_o$	$0.5I_o$
الجهد العكسى الاقصى للموحد PIV	$3.14\ V_o$	$3.14\ V_o$	$1.57\ V_o$

جهد الملف الثانوي للمحول (متردد) Vs

تيار الملف الثانوي للمحول (متردد) Is

سعة المحول VA

الجهد الخارج (مستمر) Vo

تيار الحمل (مستمر) Io

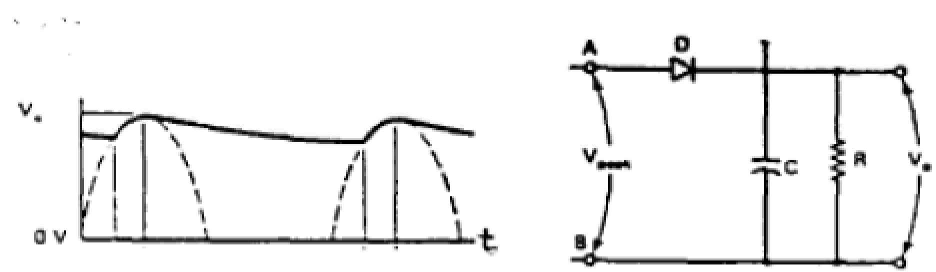
الجهد العكسي الأقصى للموحد PIV

ويمكن رفع الجهد المستمر في دوائر التوحيد السابق وكذلك تنعيم الخرج أي جعله بدون تذبذبات، وذلك بتوصيل مكثف كيميائي بالتوازي مع الحمل.

و الجدول (2−12) يعقد مقارنة بين الدوائر السابقة عند اضافة مكثف كيميائي بالتوازي مع الحمل و الشكل (2−31) يعرض شكل دائرة توحيد نصف موجة مزودة بمكثف بالتوازي مع الحمل لتنعيم الخرج

الجدول (٢ – ١٢)

وجه المقارنة	دائرة توحيد نصف موجة	محول بنقطة منتصف	قنطرة توحيد
الجهد الخارج Vo	1.41 Vs	0.71 Vs	1.41 Vs
التيار الخارج Io	0.28 Is	Is	0.62 Is
اقل سعة للمكثف (µF)	4700 Io	2200 Io	2200 Io
جهد التشغيل للمكثف	2.82 Vs	1.4 Vs	2.82 Vs
سعة المحول VA	2.53 VoIo	1.4 VoIo	1.41 VoIo
جهد ثانوى المحول Vs	0.71 Vo	1.41 Vo	0.71 Vo



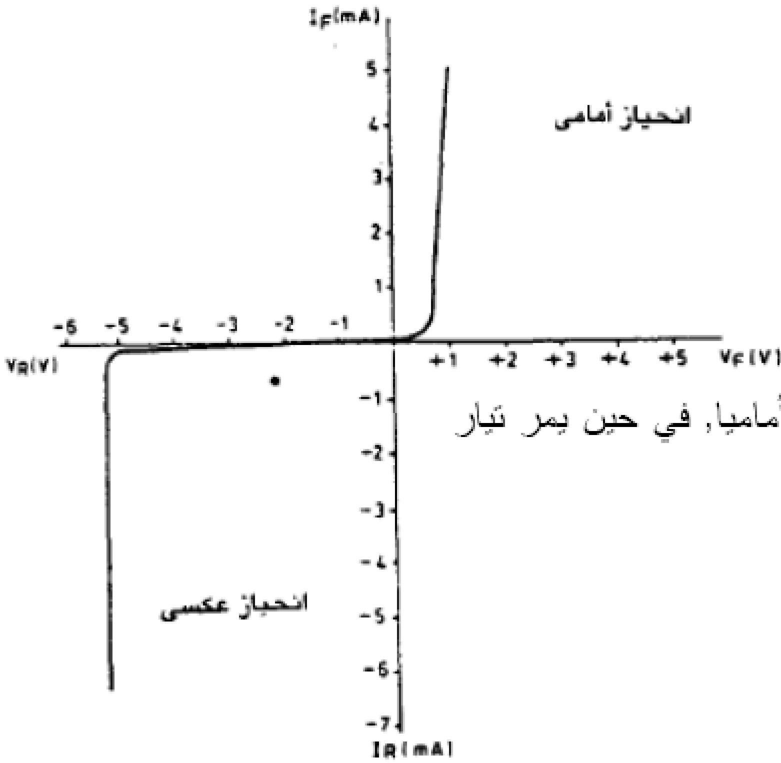
ثنائي الزينر Zener Diode :

إن ثنائي الزينر هو ثنائي سليكوني له خواص تسمح بإمرار جهد مستمر ثابت في الانحياز العكسي.

و الشكل (2-32) يعرض نموزجا لثنائي زينر طراز IN4733 و كذلك رمزه و نموزجا اخر لثنائي زينر طراز IN3027 و يلاحظ ان المهبط يتم تمييزه اما بشريط أسود أو تجويف دائري

و الشكل (2-33) يعرض منحنى الخواص لثنائي زينر طراز BZX85\C5V1





و يلاحظ من المنحنى أنه يمر تيار كبير في الزنر عندما يكون منحازا أماميا, في حين يمر تيار صغير عندما يكون منحازا عكسيا **حيث** إن :

جهد الانحياز الأمامي	V_F
جهد الانحياز العكسي	V_R
تيار الانحياز الأمامي	I_F
تيار الانحياز العكسي	I_R

كما يلاحظ أن ثنائي الزينر يتحول لحالة الوصل عندما يكون جهد الانحياز الأمامي V_F مساوياً 0.7V على الأقل، في حين يتحول ثنائي الزينر في الانحياز العكسي لحالة الوصل عندما يزداد جهد الانحياز العكسي V_R عن 5.1V. في هذه الحالة يمر تيار عكسي كبير I_R ويكون فرق الجهد بين طرفي ثنائي الزينر مساوياً 5.1V.

وتختلف ثنائيات الزينر فيما بينها في قيمة V_R التي يعمل عندها ثنائي الزينر وكذلك قدرة ثنائي الزينر القصوى بالوات.

وتوجد عدة سلاسل لثنائيات الزينر في الأسواق، أهمها المعروضة في الجداول (2−13)، والذي يوضح أهم خصائص هذه السلاسل.

الجدول (٢ - ١٣)

BZY88	BZX55	BZX61	BZX85	BZY93	BZY97	IN5333	السلسلة
2.7 : 15	2.4 : 91	7.5 : 72	5.1 : 62	9.1 : 75	9.1 : 37	3.3:24	حدود الجهد (V)
500mW	500mW	1.3W	7.3W	20W	1.5W	5W	القدرة

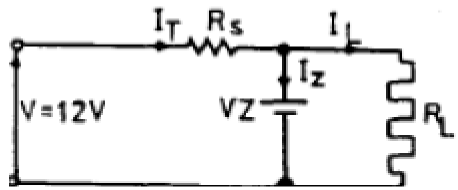
وحتى يمكن استنتاج خواص ثنائي الزينر من رمزه إليك المثال التالي :

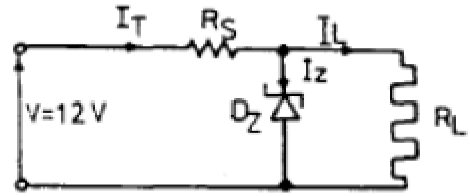
ثنائي زينر طراز (BZX85/ C5V1) هو زينر من السلسلة BZX85 وله تفاوت لجهد الانهيار العكسي يكافئ C حيث إن :

$$C = \pm 5\%$$
$$D = \pm 10\%$$

وجهد انهياره هو 5V1 أي 5.1V وقدرته هي قدرة السلسلة BZX85، وتساوى 1.3W من الجدول (2−13)

و الشكل (2−34) دائرة ثنائي زينر تستخدم لتنظيم الجهد على مقاومة RL بحيث لا يزيد الجهد عن V 5.1 و شكل يبين الدائرة المكافئة و ذلك باستبدال ثنائي الزينر ببطارية جهدها V 5.1





وفيما يلي أهم المعادلات المستخدمة مع ثنائي الزينر :

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} \rightarrow 2.11 \qquad I_Z = \frac{V - V_Z}{R_S} - I_L \rightarrow 2.12 \qquad P_Z = V_Z I_Z \rightarrow 2.13$$

I_Z	تيار ثنائي الزينر
I_L	تيار الحمل
V_Z	جهد ثنائي الزينر
R_L	مقاومة الحمل
I_T	التيار الكلي المار في الدائرة

وبتطبيق المعادلات السابقة على الدائرة المبينة بالشكل (2−34)حيث: $R_L = 60\Omega$ $R_S = 40\Omega$

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{5.1 \times 1000}{60} = 85\text{mA}$$

$$I_Z = \frac{(12 - 5.1)1000}{40} - 85 = 87.5\text{mA} \qquad \text{و} \qquad P_Z = 5.1 \times \frac{87.5}{1000} = 0.44\text{W}$$

اختبار صلاحية الثنائيات :

يمكن اختبار صلاحية الثاني (عادي – زينر) باستخدام جهاز الأوميتر، والجدول (2–14) يبين طريقة استخدام الأوميتر في اختبار الثنائي والنتائج المتوقعة إذا كان سليماً.

الجدول (٢ – ١٤)

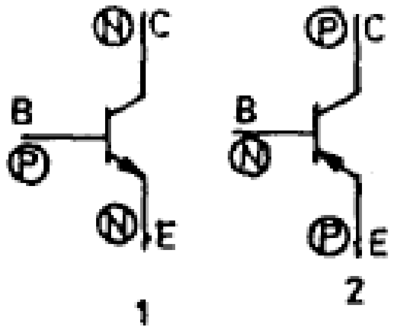
النتائج المتوقعة	الطرف السالب للأوميتر يتصل بـ	الطرف الموجب للأوميتر يتصل بـ
قاومة صغيرة تتراوح ما بين 10:1000Ω)ويعتمد ذلك على ع الثنائي وعلى تدريج الجهاز جب استخدام أصغر تدريج	المهبط Cathode	المصعد Anode
ساومة كبيرة تصل إلى1MΩ الثنائي الجرمانيوم(Ge) أو 10M الثنائي السليكون (Si).	المصعد Anode	المهبط Cathode

الفصل الثالث

الترانزيستور

اعداد : د. محمد أبو النصر

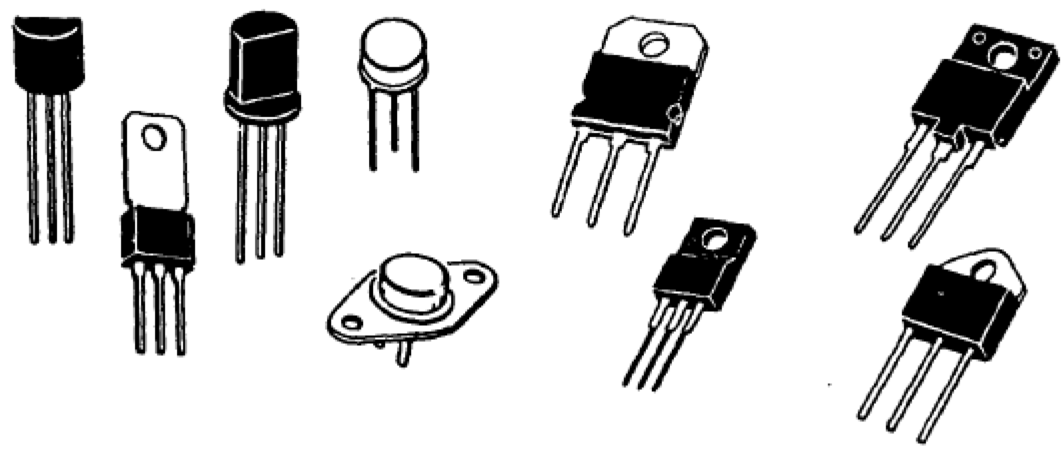
الترانزستور ثنائى القطبية (BJT) Bipolar junction transistor



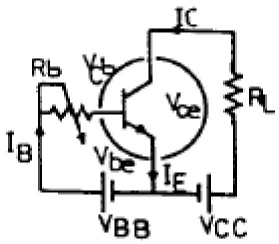
يتكون الترانزستور ثنائى القطبية من وصلة ثلاثية أما أن تكون NPN أو تكـــون PNP وله ثلاثة أطراف، الطرف الأول (C) Collector أى المجمع ، والطرف الثانى (B) Base أى القاعدة والطرف الثالث (E) Emitter أى الباعث .

فالرمز 1 لترانزستور NPN والرمز 2 لترانزستور PNP ويبين اتجاه السهم الموضـــوع عنـــد الباعث نوع الترانزستور فالسهم الداخل للقاعدة يعنى ترانزستور PNP والســهم الخـــارج مـــن القاعدة يعنى ترانزستور NPN

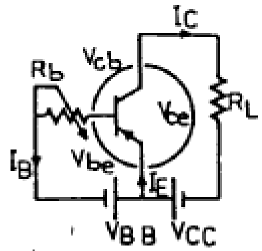
الشكل (2-35) يعرض صور مختلفة للترانزستورات الموجودة في الاسواق



ويعتبر الترانزستور ثنائى القطبية فى حالة فصل طبيعى أى لا يمرر تيار خلاله، وحتى يصبح فى حالة وصل ON يجب تسليط انحياز أمام بين القاعدة والباعث، وتسليط انحياز عكسى بين القاعدة والمجمع ببطاريتين ويسمى انحيازا ببطاريتين كما هو موضح بالشكل (2−36) ففى الشكل



(أ) دائرى باعث مشترك لترانزستور NPN ويلاحظ أن جهد القاعدة موجب بالنسبة لجهد الباعث ويسمى هذا انحيازا أماميا فى حين أن جهد المجمع موجب بالنسبة لجهد القاعدة لأن Vcc>>VBB يسمى انحياز عكسيا .



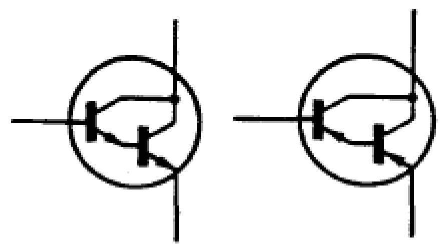
وأما الشكل (ب) فدائرة باعث مشترك لترانزستور PNP

ويلاحظ أن جهد القاعدة سالب بالنسبة لجهد الباعث ويسمى هذا انحيازا أماميا، فى حين أن جهد المجمع سالب بالنسبة للقاعدة Vcc >>VBB ويسمى هذا انحياز عكسيا .

وعندما يصبح فرق الجهد بين القاعدة والباعث V_{BE} مساويا 0.6.0.7V فى حالة الترانزستور السليكونى أو 0.2.0.3V فى حالة الترانزستور الجرمانى يمر تيار القاعدة مرور تيار كبير فى المجمع I_C وتعرف بالنسبة بين تيار المجمع I_C وتيار القاعدة I_B بمعامل كسب التيار Current gain وتعرف من ورق البيانات للترانزستور بالمعامل β والذى يساوى:

وبالتالى يمكن التحكم فى جهد الخرج V_O الموجود على أطراف المقاومة R_L وذلك بتغير التيار القاعدة I_B بواسطة تغيير المقاومة المتغيرة R_B، وبالتالى يتغير I_C مما يؤدى لتغيير V_O علما بأن قيمة h_{FE} تختف من ترانزستور لأخر، فمثلا تتراوح ما بين 300: 100 لترانزستور طراز 2N2222 فى حين تتراوح ما بيم 30:90 لترانزستور طراز 2N2800 وهكذا .

ويمكن زيادة معامل كسب التيار للترانزستور بقيم تصل إلى 2000 : 1000 بربط عدد 2 ترانزستور معا كما بالشكل (2-37) والجدير بالذكر أنه يتواجد ترانزستورات تسمى دار لنجتون وهى تحتوى داخليا على ترانزستورين موصلين معا ويكون معادلة كسب التيار لهذه الترانزستورات مساويا حاصل ضرب معامل كسب التيار للترانزستورين المكافئين



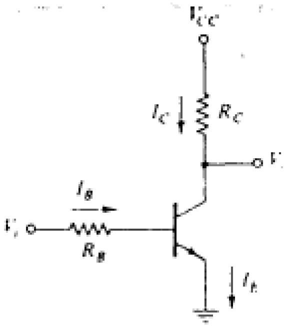
NPN PNP

خواص الترانزستور الثنائى القطبية :

الشكل (2-38) يبين دائرة لترانزستور NPN ومقاومتين وتكون العلاقة بين تيار المجمع I_C وتيار القاعدة I_B وتيار الباعث كما يلى

$$I_E = I_C + I_B \qquad 2.13$$

جهد البطارية V_{CC} جهد إشارة الدخل بين القاعدة والأرضى V_i جهد الخرج V_o


شكل (٢ - ٣٨)

والجهد V_{CE} هو الفقد فى الجهد بين المجمع والباعث، أما V_{BE} فهى فقد الجهد بين القاعدة والباعث، والجدير بالذكر أنه عند زيادة قيمة V_{BE} عن 0.6V يمر تيار القاعدة I_B، ويزداد I_B بسرعة عند أقل زيادة للجهد V_{BE} ونادرا ما تصل قيمة V_{BE} إلى 0.8V وكلما ازداد قيمة I_B ازداد I_C وصولا لحد معين بعدها يثبت قيمة I_C ويقال أن الترانزستور قد وصل لحالة التشبع Saturation

ومن هذا نستنتج أن الترانزستور له ثلاث حالات وهى :

حالة القطع Cut off وذلك عندما يكون IB = 0

حالة التكبر Amplification عندما يزداد IC بزيادة IB

حالة التشبع Saturation عندما يثبت Ic مهما ازدادت قيمة IB

الحالة	V_{BE}	V_{CE}	علاقات التيار
قطع Cut off ويعمل كمفتاح مفتوح	< 0.6V	= V_{cc}	$I_B = I_C = 0$
تكبير Amplification	0.6 - 0.7	> 0.8V	$I_C = h_{FE} I_B$ $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_L}$
تشبع Saturation ويعمل كمفتاح مغلق	0.7 - 0.8V	0.2V	$I_B \geq 2.5 I_{CS} / h_{FE}$ $I_{CS} = \frac{V_{CC} - 0.2}{R_L}$ $R_B = \frac{V_i - 0.7}{I_B}$

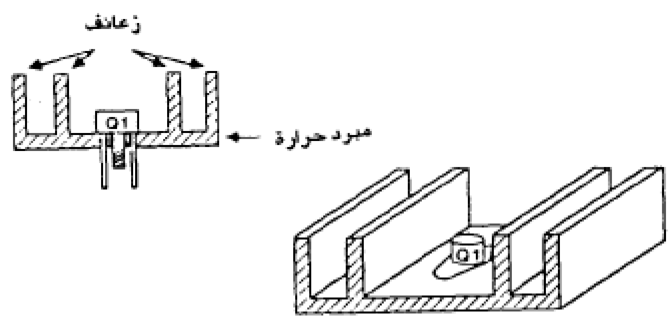
والمعادلة 2.14 تعطى القدرة المستهلكة P_t فى الترانزستور عندما يكون فى حالة تشبع أو تكبير
.

$$P_t = V_{CE} . I_C + V_{BE} . I_B \qquad 2.14$$

ويجب مراعاة عدم تعدى القـــدرة المســـتهلكة (المشـــتتة) Dissipated power فـــى الترانزستور عن القيمة الموصى بها فى رق بيانات الترانزستور Data Sheets

وعادة يثبت الترانزستور القدرة على مبرد حرارى heat Sink لتبريد الحـــرارة المتولـــدة فـــى الترانزستور، وبالتالى لمنع ارتفاع درجة حرارة الترانزستور للحد الذى يسبب انهياره .

والشكل (2-39) يوضح كيفية تثبيت ترانزستور القدرة على مبرد حرارى .



جداول اختيار الترانزستور

توجد عوامل كثيرة تأخذ فى الاعتبار عند اختيار الترانزستور، أهمها :

النوع	PNP أو NPN
أقصى جهد مسموح به بين c,b	V_{cb} max
أقصى جهد مسموح به بين e,b	V_{eb} max
أقصى تيار مجموع مسموح به	I_C max
أقصى قدرة مستهلكة فى الترانزستور	P_T max
معامل كسب التيار الأقصى	h_{fe} max
معامل كسب التيار الأدنى	h_{Fe} max

والجدول (2−16) يعرض المواصفات الفنية لبعض الترانزستورات BJT حيث إن :

مفتاح	(SW)	Switch
قائد	(DR)	Driver
قدرة	P	power
دارلنجتون	D	Darlington

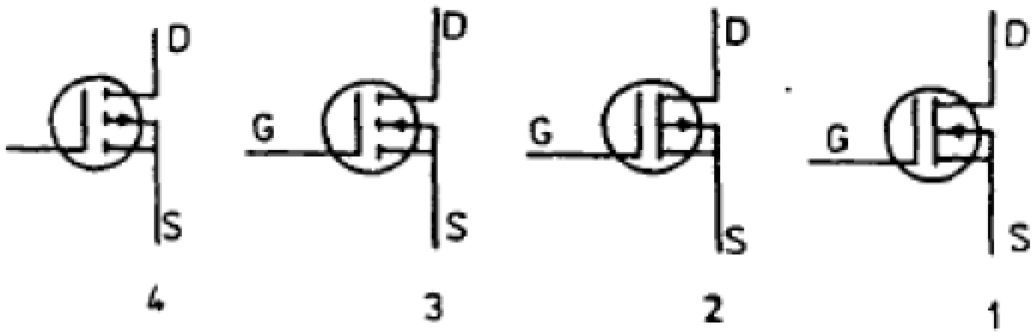
ترانزستور تأثير المجال أكسيد المعدن شبه الموصل : Mosfet

ويوجد نوعان من هذا الترانزستور، وهما

1- ترانزستور نوع النضوب depletion type

2- الترانزستور نوع التعزيز Enhancement type

وكلاهما له ثلاثة أطراف تشبه اطراف ترانزستور JFET



فالرمز 1 لترانزستور من النضوب بقناة N

فالرمز 2 لترانزستور من النضوب بقناة P

فالرمز 3 لترانزستور من التعزيز بقناة N

فالرمز 4 لترانزستور من التعزيز بقناة P

والفرق بين ترانزستور MOSFET نوع النضوب ونوع التعزيز فى قطبية فـــرق الجهـــد بـــين البوابة والمصدر V_{GS} والذى يعمل عنده كلاهما، فيعمل ترانزستور النضوب بقناة N عندما يكون فرق الجهد V_{GS} بالموجب أو السالب ويزداد تيار الصرف ID بزيادة فرق الجهد عند القطبيـــة الموجبة، ويقل بزيادة فرق الجهد عند القطبية السالبة لذلك يمكن اعتبـــاره فـــى حالـــة توصـــيل طبيعى .

ويعمل ترانزستور التعزيز بقناة N عندما يكون قطبية فرق الجهد V_{GS} بالموجب فقط ويزداد تيار المصرف بزيادة فرق الجهد ويقل بنقصان فرق الجهد وينعدم عندما يكون فرق الجهـــد مســـاويا صفرا، ويقال فى هذه الحالة : أن الترانزستور فى حالة قطع، والجدير بالذكر أن ترانزســـتورات MOSFET نوع التعزيز بقناة N هو اغلب أنواع ترانزســـتورات **MOSFEt**

وفيما يلى أهم الملاحظات التى تراعى عند التعامل مع ترانزستورات :

1- يجب فصل التيار الكهربى عن الدائرة أثناء رفع الترانزستورات من الدائرة، وذلك لمنـــع تولد الجهود العابرة التى تتلف الترانزستور..

2- يتم توصيل معصم اليد للقائم بإصلاح الـــدوائر التـــى تحتـــوى علـــى ترانزســـتورات MOSFET بأراضى الدائرة أو بأراضى الشاسيه .

3- يتم تأريض كاوية اللحام جيدا ولا تستخدم مكواة اللحام التى على شكل مسدس

جدول اختيار ترانزستور MOSFET

الجدول (7-3) يعرض أحيانا مختلفة من ترانزستورات MOSFET المستخدمة فى الأغــراض العامة .

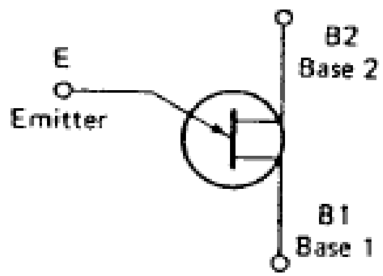
الطراز	النوع	I_D max	V_{DS} max	P_D max	g_{FS} min
2 N 7010	N قناة	1.3 A	60 V	1.2 W	
2 N 7014	N قناة	3.5 A	100 V	20 W	**0.75 S**
2 N 7054	N قناة	38 A	100 V	150 W	**8 S**
2 N 7055	N قناة	28 A	200 V	150 W	**8 S**
2 N 7058	N قناة	12 A	500 V	150 W	**6 S**
IRF 120	N قناة	8 A	100 V	40 W	**1.5 S**
IRF 130	N قناة	14 A	100 V	75 W	**4 S**
IRF 330	N قناة	5.5 A	400 V	75 W	**3 S**
IRF 510	N قناة	4 A	100 V	20 W	**1 S**
IRF 520	N قناة	8 A	100 V	40 W	**1.5 S**
IRF 530	N قناة	14 A	100 V	75 W	**4 S**

يمكن اختيار صلاحية ترانزستورات MOSFET باستخدام جهاز الأوميتر والجدول (3-8) يبين طريقة استخدام جهاز الأوميتر فى اختيار صلاحية ترانزستورات MOSFET بنوعيها : نـــوع التعزيز E ، ونوع النضوب DE

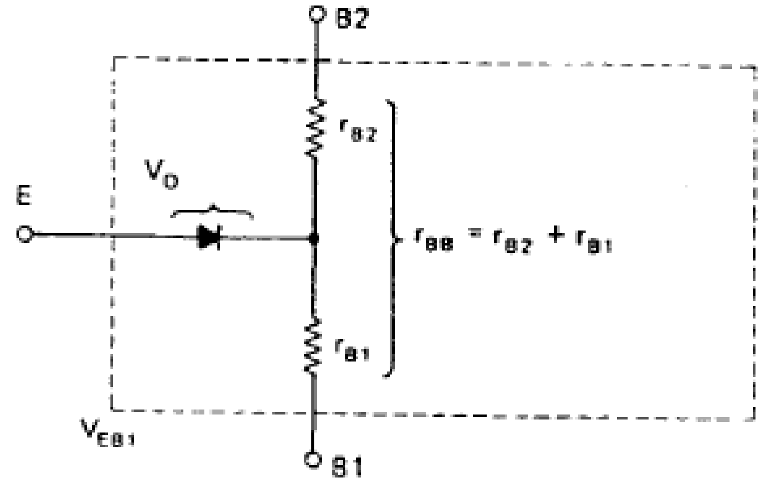
النتائج المتوقعة	الطرف السالب – للأوميتر متصل بـــ	الطرف الموجب + للأوميتر متصل بـــ	النوع
مقاومة أكبر من 10MΩ	المصدر Source	المصرف Drain	نوع التعزيز E
مقاومة أكبر من 10MΩ	المصرف Drain	المصدر Source	بقناة N
مقاومة أكبر من 100MΩ	المصدر أو المصرف	البوابة Gate	
مقاومة تتراوح ما بين 500Ω : 5kΩ	المصدر Source	المصرف Drain	نوع النضوب DE
مقاومة تتراوح ما بين 500Ω : 5kΩ	المصرف Drain	المصدر Source	بقناة N
مقاومة أكبر من 100MΩ	المصدر أو المصرف	البوابة Gate	
مقاومة أكبر من 100MΩ	البوابة Gate	المصدر أو المصرف	

الترانزستور الأحادى UJT

الترانزستور UJT ثلاثة أطراف وهى القاعدة الأولى B_1، والقاعدة الثانية B_2، والباعث E



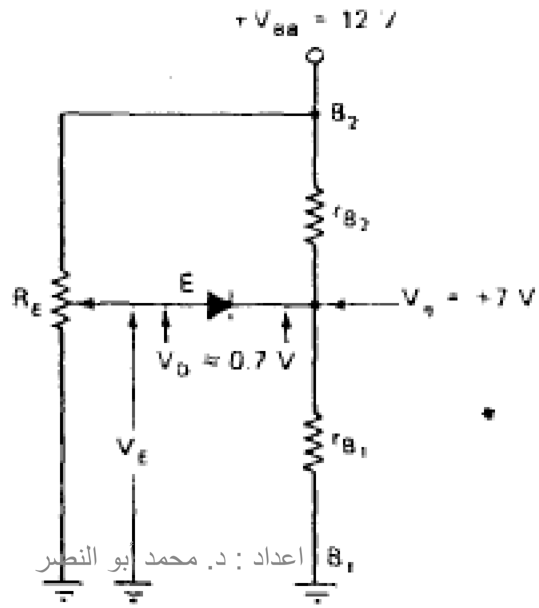
1



2

عمل الترانزستور الأحادى الوصلة UJT

فى الشكل (10−3) عند تسليط جهد مقدار 12V بين القاعدتين B_1, B_2 فإن هذا الجهد سوف يجزئ بين المقاومتين r_{B1}, r_{B2} فإذا كان الجهد عند نقطة اتصال المقاومتين يساوى $V\eta = +7V$ فإن التيار الكهربى سوف يمر من الباعث إلى القاعدة B_1 إذا كان الجهد $V_E > V_D + V_\eta$ وحيث أن V_D تساوى 0.7V تقريبا للثنائى السليكونى لذا فإن $V_E > 7.7$ V ويقال حينئذ أن UJT فى حالة إشعال ولحظة إشعال UJT تقل المقاومة r_{Br} لتصل إلى الصفر فيزداد التيار I_E عند انخفاض V_E ويمكن إعادة UJT إلى حالة الفصل OFF بتخفيض قيمة الجهد V_E عن الحد الأدنى المسموح به

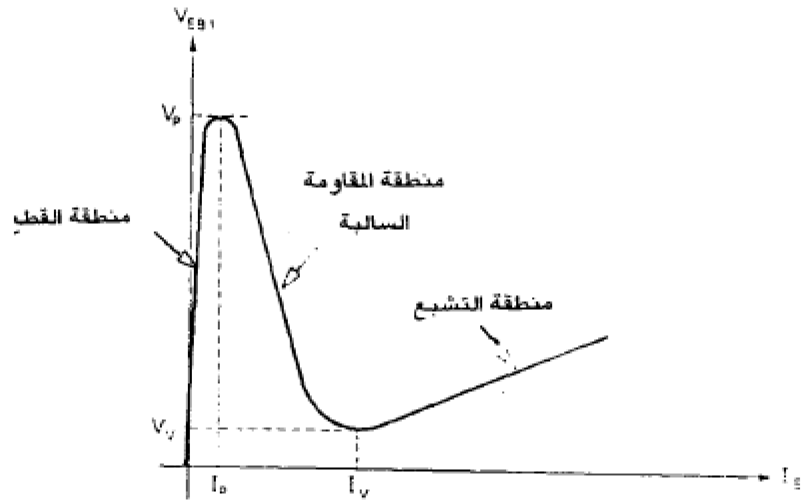


والشكل (3–11) يعرض منحنى الخواص V_{EB1}- I_E لترانزستو UJT ويمكـــن تقســيم منحنـــى الخواص لثلاث مناطق وهى :

1– منطقة القطع Cutoff region وفيها يكون $I_E = 0$

2- منطقة المقاومة السالبة Negative resistance region وفيها يـــزداد التيـــار I_E بنقص الجهد V_{EB1}

3- منطقة التشبع Saturation region وفيها يزداد I_E بزيادة V_{EB1}

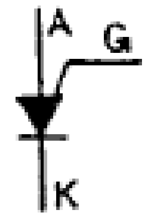


اختيار صلاحية ترانزستورات UJT

النتائج المتوقعة	الطرف السالب – للأوميتر متصل بـــ	الطرف الموجب + للأوميتر متصل بـــ
مقاومة تتراوح ما بين 4 : 10kΩ	القاعدة 2 Base2	القاعدة 1 Base1
مقاومة تتراوح ما بين 4 : 10kΩ	القاعدة 1 Base1	
مقاومة تتراوح ما بين 3 : 15kΩ	القاعدة 1 Base1	الباعث Emitter
مقاومة أكبر من 1MΩ	الباعث Emitter	القاعدة 1 Base1
مقاومة تتراوح ما بين 3 : 10kΩ وأقل من الحالة الثالثة	القاعدة 2 Base2	الباعث Emitter
مقاومة أكبر من 1MΩ	الباعث Emitter	القاعدة 2 Base2

الترانزستور الأحادى الصلة القابل للمبرمجة PUT :

ترانزستور PUT له نفس خواص ترانزستور UJT عدا أنه يمكن التحكم فى الجهد الأقصى V_P الذى يعمل عنده PUT



ولترانزستور PUT ثلاثة أطراف وهـــى : المصـــعد Anond والمهـــبط Cathode والبوابـــة Gate .

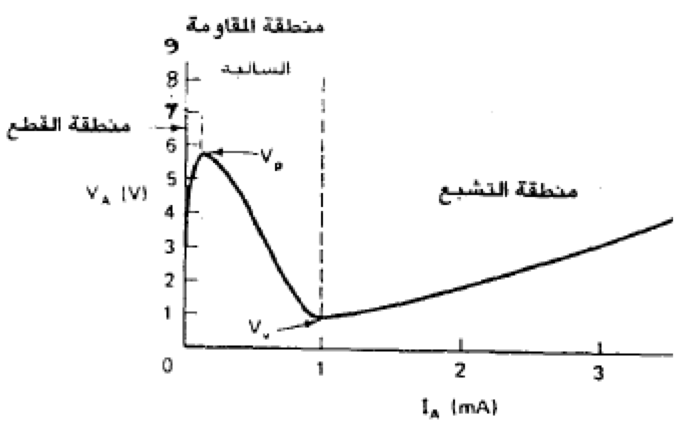
ويتميز PUT بأن سرعة الوصل والفصل والتى تصل 1/10 سرعة UJT كما أن PUT اكثـــر استقرار عند تغيير درجات الحرارة .

أى أن حدود المناطق الثلاثة السابق تعريفها كالآتى :

حدود منطقة القطع من $I_A = O : I_P$

حدود منطقة المقاومة السالبة من $I_A = I_P : I_V$

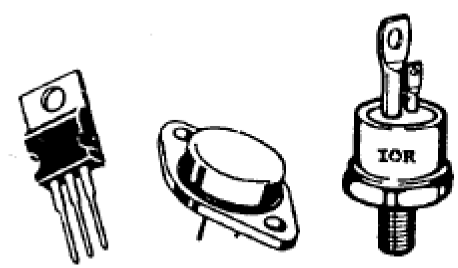
حدود منطقة التشبع من $I_A > I_V$

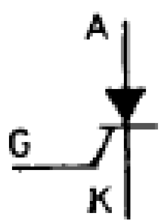


الموحد السليكونى المحكوم (الثايرستور) SCR

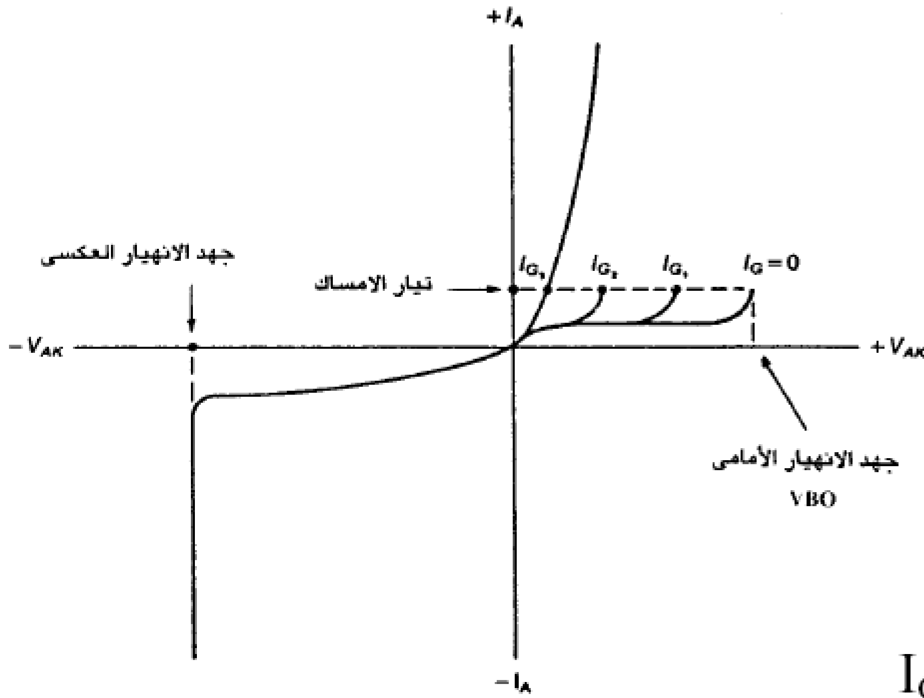
يتكون الثايرستور من أربع طبقات سليكونية P-N-P-N وله ثلاثة اطراف وهى المصـــعد (A) Anode والمهبط (K) Cathode والبوابة (G) Gate

ويعمل الثايرستور كموحد إذا كان منحازا أماميا ووصلت نبضة إشعال للبوابة لذلك سمى بموحـــد السليكون المحكوم SCR





الشكل (3-16) يعرض نماذج مختلفة للثايرستورات أما الشكل (3-17) فيعرض منحنى خواص الثايرستور والذى يمثل العلاقة بين تيار المصعد والمهبط V_{AK} عند قيمة مختلفة لتيار البوابة I_G



$I_{G2} > I_{G1} > I_{G0}$

ويلاحظ من منحنى الخواص للثايرستور آن الخواص العكسية للثايرستور تكون مماثلة للخواص العكسية للموحدات ولكن الخواص الأمامية تكون مختلفة.

شرح الخواص الأمامية للثايرستور

1- إذا كان تيار البوابة يساوى صفرا ويرمز له بالرمز IGO فإن الثايرستور يعتبر فى حالة فصل OFF، ويكون له مقاومة كبيرة جدا بين المصعد والمهبط، فــإذا زاد الثايرســتور يتحول لحالة الوصل ON ويمر تيار المصعد خلال الثايرستور علما بأن الثايرستور غير مصمم للعمل بهذه الطريقة، فمن المتحمل أن ينهار ويتلف .

2- عند وصول إشارة جهد موجبه بين البوابة والمهبط يمر تيار فى البوابة وبالتــالى فــإن الجهد اللازم (لإشعال الثايرستور) لتحويل الثايرستور لحالة الوصل ON سوف يقل عن V_{BO}علما بأن كلما ازداد تيار البوابة IG قل V_{AK} اللازم لإشعال الثايرستور

3- يستمر الثايرستور فى حالة وصل ON بعد إشعاله حتى يصبح IG مساويا الصفر، ولكن عندما يقل تيار المصعد IA عن تيار الإمساك IH (وهو تيار المصعد الأدنى الذى يحافظ على الثايرستور فى حالة وصل ON بعد إشعاله) فى هذه الحالة يتحــول الثايرســتور لحالة القطع Cut off

4- يوجد شرطان يجب توافرهما فى إشارة الجهد اللازمـــة لإشـــعال الثايرســـتور VGK وهما :

أ – أن يكون زمن الإشارة كافيا لإحداث الإشعال، وعادة ما يكون أكبر من 20µ S

ب– أن يكون التيار IG المتولد نتيجة لتسليط إشارة الجهد V_{GK} كافيا لإحداث إشـــعال عنـــد قيمة V_{AK}

ويمكن معرفة خواص إشارة الجهد اللازمة إشعال الثايرستور من ورق بيانات الثايرستور

طرق إطفاء الثايرستور SCR

أى تحويـــل الثايرستور لحالة القطع Cut off

حيث أن الثايرستور يظل فى حالة وصل ON طالما أن تيـــار المصعد IA أكبر من تيار الإمساك IH

وهناك عدة طرق لإطفاء الثايرستور، نذكر منها ما يلى :

1- استخدام الثايرستور فى دوائر التيار المتردد فمن المعروف أن الموجه الجيبيـــة للتيـــار المتردد تصل الصفر مرتين فى الدورة الواحدة (ارجع الفقرة 1-7) وحيث أن الثايرستور يعمل كموحدة فإنه سيمرر نصف الموجه الموجبة فقط، وبمجرد وصولها للصفر يحـــدث إطفاء ذاتى للثايرستور ويبقى الثايرستور فى حالة القطع إلى أن يتم إشعالة مرة أخرى

2- استخدام الثايرستور فى دوائر التوحيد الكاملة، وذلك باستخدام قناطر التوحيد، حيث يحدث إطفاء ذاتى للثايرستور بمجرد وصول الموجه الموحدة للصفر، ويبقى الثايرســـتور فـــى حالة قطع لحين إشعاله مرة أخرى

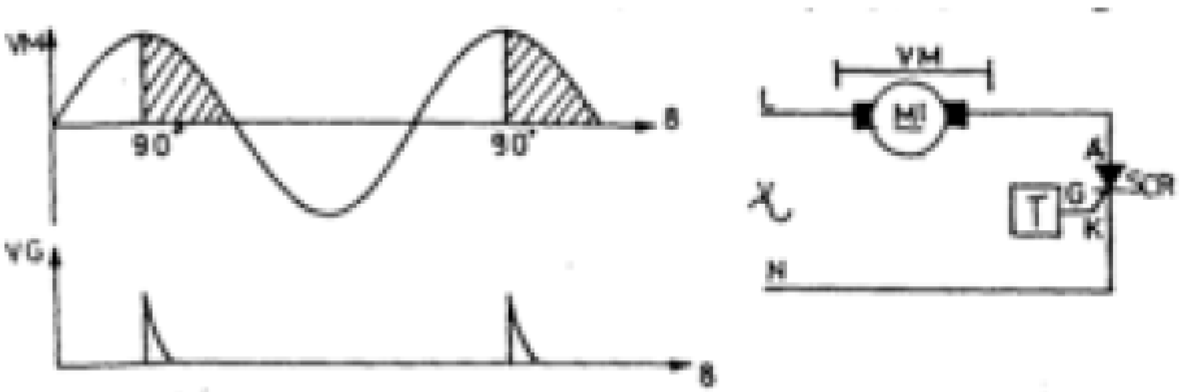
3- استخدام مفتاح يدوى بالتوازى أو بالتوالى مع الثايرستور حيث ينطفئ الثايرستور عنـــد فتح مفتاح التوالى أو غلق مفتاح التوازى (وهذه الطريقة غير عملية)

4- توصيل مكثف مشحون بالتوازن مع مصعد، ومهبط الثايرستور بطريقة تجعل الثايرستور يتعرض لجهد معاكس فيقل تيار المصعد إلى قيمة أقـــل مـــن تيـــار الإمســـاك وتحـــول الثايرستور لحالة القطع Cut off

زاوية إشعال الثايرستور Firing angle

من أهم المصطلحات الفنية المستخدمة مع الثايرستور، هى زاوية الإشعال وهى الزاويـــة التـــى يتحول عندها الثايرستور من حالة القطع لحالة الوصل وذلك لحظة وصول إشارة إشعال للبوابـــة ويرمز لها عادة α

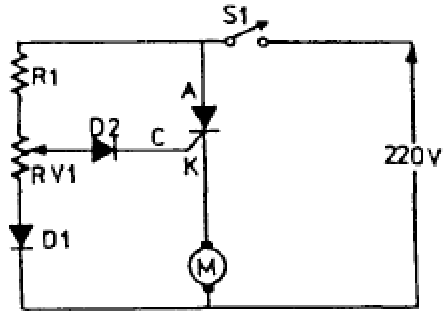
والشكل (3-18) يبين دائرة تحكم فى محرك تيار مستمر باستخدام ثايرستور (الشكل أ) وشـــكل موجه الجهد على أطراف المحرك وكذلك نبضات إشعال الثايرستر (الشكل ب) حيث يمن التحكم فى سرعة التيار المستمر بالتحكم فى قمة جهد أطرافه .



ويلاحظ أن نبضة الإشعال تكون عندما $\alpha = 90^0$ ويكون الجهد أطراف المحرك هو الجهد المهشر فقط، أما باقى الموجة الموحدة فتكون أطراف الثايرستور، ويمكن التحكم فى زواية الإشـــعال α بواسطة الإشعال Trigger control Circuit

تطبيقات على استخدام الثايرستور فى التحكم :

الشكل (3–19) يعرض دائرة تحكم عملية فى سرعة محرك عام يستخدم فى الأجهــزة المنزليــة مثل : الخلاطات المنزلية، والمثاقيب اليدوية .



تعرف هذه الدائرة الوجه الواحد ذات النصف موجه للتحكم فى سرعة المحركات العامة ويمكــن التحكم فى سرعة المحرك مجزئ الجهد فعند تحريك الذراع المنزلق لمجزئ الجهد RV_1 لأعلــى تزداد سرعة المحرك، وذلك لزيادة فرق الجهد بين بوابة ومهبط الثايرستور مما يعمل على إشعال الثايرستور مبكرا فى حين أنه عند تحريك الذراع المنزلق للمقاومة RV_1 لأســفل نقــل ســرعة المحرك وذلك لانخفاض فرق الجهد بين بوابة ومهبط الثايرســتور ممــا يعمــل علــى إشــعال الثايرستور متأخرا

ولهذه الدوائر ميزة جيدة فى تثبت سرعة المحرك حتى عند تغير الحمل، وهذه المميـــزة تســـمى بالقوة الدافعة الكهربية العكسية EMF

فلنفرض أن مجزئ الجهد RV_1 ضبط للحصول على سرعة 1500 RPM عند الأحمال فإذا زاد الحمل على المحرك سيميل لخفض سرعته وبالتالى تنخفض القوة الدافعة الكهربية للمحرك، لأنها تتناسب طرديا مع سرعته المحرك، مما يزداد الفرق بين جهد المصدر والقوة الدافعـــة الكهربيـــة العكسية على أطراف المحرك، فيزداد التيار المار فى المحرك، وبالتالى يزداد عزم المحرك لأن عزم المحرم يتناسب طرديا مع التيار .

وبالرجوع للدائرة المعنية، فعندما ما يزداد الحمل على المحرك تقـــل القـــوة الدافعـــة الكهربيـــة العكسيةEMF وحيث أن مهبط الثايرستور K متصل بالقوة الدافعة الكهربية العكسية، لذلك فـــإن جهد المهبط V_K سوف يقل فيزداد فرق الجهد بين البوابة والمهـــبط V_{GK} فيشـــتعل الثايرســـتور مبكرا، فيزداد الجهد المتوسط والتيار المار فى عضو الاستنتاج وهذا عمل على تثبيـــت ســـرعة المحرك فى مواجهة التغير فى الأحمال .

جداول اختيار الثايرستورات:

فيما يلى أهم الرموز المستخدمة فى ورقة بيانات الثايرستورات

تيار المصعد الأمامى المتوسط $IF_{(AV)}$

جهد إشعال البوابة الأدنى V_{GT}

تيار إشعال البوابة الأدنى I_{GT}

الجهد الأقصى المتكرر الذى يتحمله الثايرستور بدون أن يشتعل تلقائيا V_{RRM}

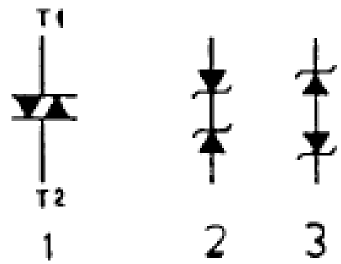
الطراز	$I_{F(AV)}$	V_{RRM}	V_{GT}	I_{GT}
TIC 106 D	3.2 A	400 V	1.2 V	200µA
TIC 106 E	3.2 A	500 V	1.2 V	200µA
TIC 106 M	3.2 A	600 V	1.2 V	200µA
TIC 106 S	3.2 A	700V	1.2 V	200µA
TIC 116 D	5 A	400 V	2.5 V	20µA
TIC 116 E	5 A	500 V	2.5V	20mA
TIC 116 M	5 A	600 V	2.5 V	20mA

اختبار صلاحية الثايرستور :

النتائج المتوقعة	الطرف السالب – للأوميتر متصل بـ	الطرف الموجب + للأوميتر متصل بـ
مقاومة أكبر من 1MΩ وتقل كلما زاد تيار الثايرستور	المهبط Cathode	المصعد Anode
مقاومة أكبر من 1MΩ ولكنها أكبر من الحالة السابقة	المصعد Anode	المهبط Cathode
مقاومة تتراوح ما بين (0:1000Ω)	المهبط Cathode	البوابة Gate
مقاومة كبيرة تصل إلي (1:10MΩ)	البوابة Gate	المهبط Cathode
مقاومة أكبر من (1 MΩ)	المصعد Anode	البوابة Gate
مقاومة أكبر من (1 MΩ)	البوابة Gate	المصعد Anode

الدياك Diac

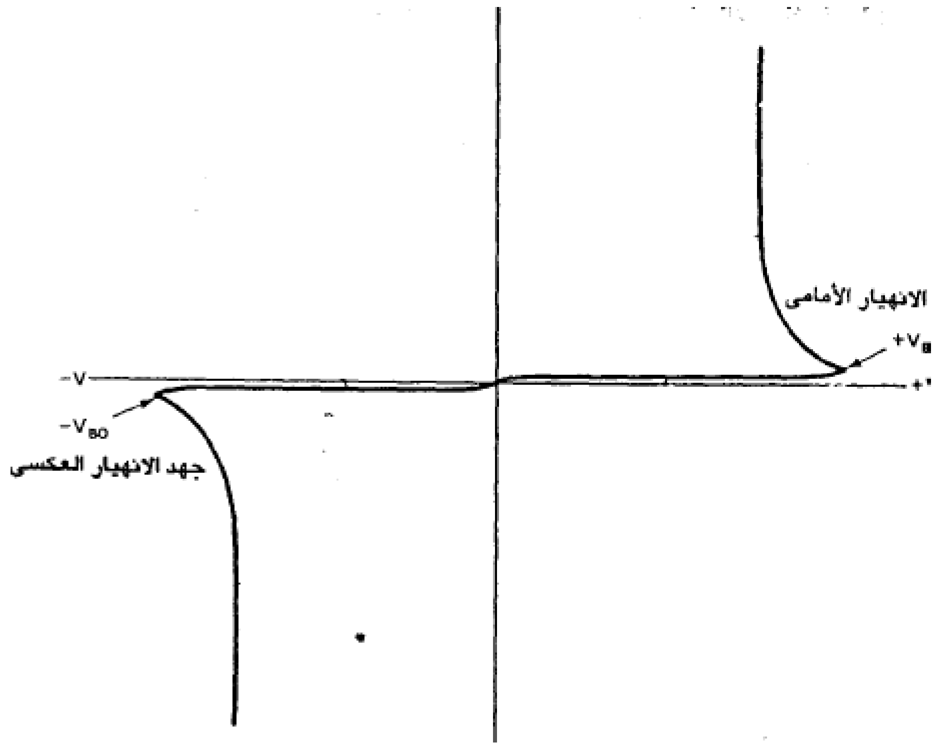
الديك هو أحد العناصر العاملة بعد الانهيار الفوقى، وهو من عائلة الثايرستور ويســـمى أحيانـــا الموحد الثنائى الاتجاه ، وهو يسمح بمرور التيار فى الاتجاهين ويعمل بدون بوابه تحكـــم ولـــه طرفان وهما T_1 , T_2



ويمر التيار الكهربى فى الدياك عندما يصل فرق الجهد بين طرفية T_2 , T_1 لجهد الانهيـــار لـــه وعمل الدياك يشبه عمل عدد 2موحد زينر متصلين وجها لوجه أو خلفا لخلف .

والجدير بالذكر أنه قبل وصول فرق الجهد بين طرفى الدياك لقيمة جهد الانهيـــار الفـــوقى V_{BD} والذى يساوى عادة 32V يمر تيار صغير فى الدياك ويمكن اعتبار الدياك فى حالة قطع، وبمجرد وصول فرق الجهد بين طرفى الدياك لجهد الانهيار الفوقى يتحول الدياك لحالة الوصل .

والشكل (3–25) يبين منحى الخواص للدياك والذى يمثل العلاقة بين التيار المار فى الدياك بأعلى أمبير وفروق الجهد بين طرفى الدياك بالفولت (V)

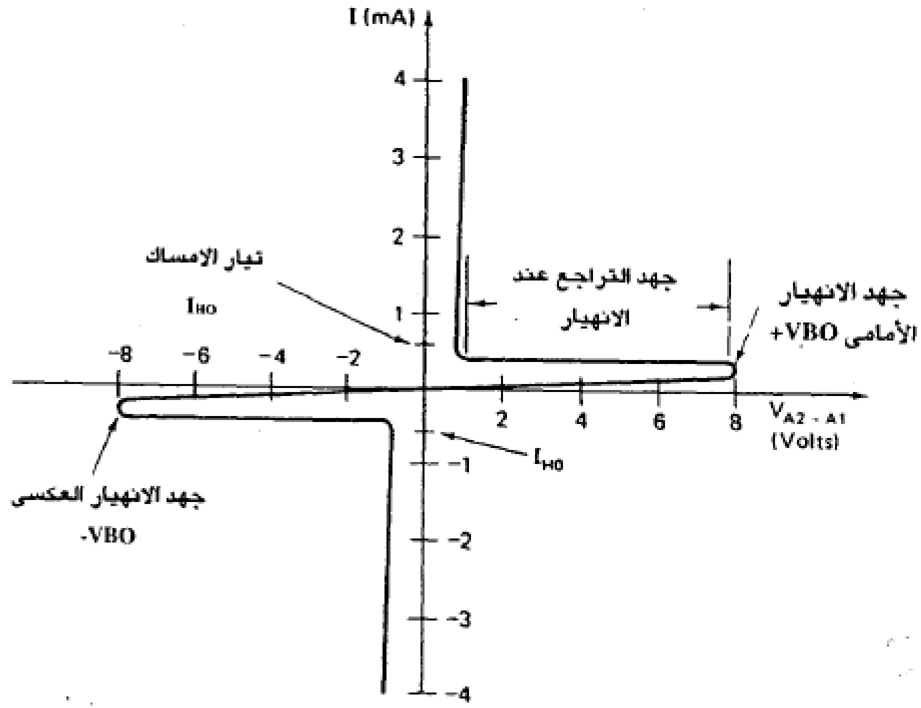


ويمكن اختيار الديك باستخدام جهاز الأوميتر حيث يعطى قراءة أكبر من 1M Ω فى كلا الاتجاهين مع أى قطبية للجهاز .

المفتاح السليكونى الثنائى الاتجاه SBD

ولهذا العنصر ثلاثة أطراف هى المصعد ألأول A1 ، والمصعد الثانى A2، والبوابة G . وفيما يلى رمز المفتاح السليكونى ذى الاتجاهين SBS





والشكل (3–26) يعرض منحنى الخواص للمفتاح السليكونى الثنائى لاتجاه SBS والتـــى تمثـــل العلاقة بين تيار المصعد I وفرق الجهد بين المصعدين V_{A2-A1}

وفيما يلى مميزات SBS :

1- جهد الانهيار الفوقى الذى يعمل عنده SBS يساوى $\pm$8V وهذا صغير بالمقارنة بجهد الانهيار للدياك والذى يساوى $\pm$ 32V .

2- ينخفض الجهد بين المصعدين من $\pm$ 8V إلى $\pm$1V بعد الوصول للانهيار الفوقى، أى أن قيمة تراجع الجهد بعد الانهيار Break back voltage تساوى $\pm$7V وهذا غير متحقق بنفس الدرجة فى الرياك .

3- يظل المفتاح السليكونى SBS فى حالة وصل لجهد الانهيار إلى أن يقل تياره عن تيار الإمساك I_{H0}

4- يمكن تخفيض جهد الانهيار الأمامى إلى حوالى $\pm$1V وذلك باستخدام وحد زينر، حيث يوصل مصعد ثنائى الزينر ببوابة المفتاح السليكونى SBS، ويوصل مهبط ثنائى الزينر بمصعد المفتاح السليكونى SBS

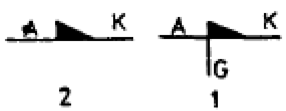
5- يتميز SBS بأنه مستقر عند درجات المختلفة، حيث أن جهد الانهيار الفوقى V_{B0} يزداد بمقدار 0.16 V/100 ^{O}C

يمكن اختيار مفتاح السليكونى SBS باستخدام جهاز الأوميتر حيث يعطى قراءة أكبر من $1M\ \Omega$ فى كلا اتجاهين مع أى قطبية للجهاز

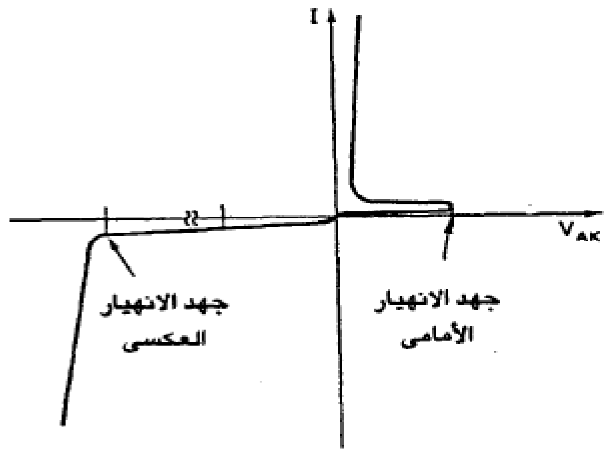
المفتاح السليكونى الأحادى الاتجاه SUS والموحد الرباعى الطبقات :

المفتاح السليكونى SUS له ثلاثة أطراف وهى المصعد A والمهبط K والبوابة G أمـــا الموحـــد الرباعى الطبقات Four – Layer Diode والذى يطلق عليـــه أيضـــا اســـم موحـــد شـــوكلى Shockley Diode فله طرفان وهما المصعد A والمهبط K

وفيما يلى رمز المفتاح السليكونى SUS الرمز 1 ورمز الموحد رباعى الطبقات (الرمز2)



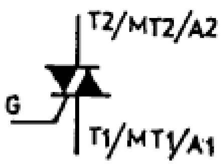
والشكل (3–27) يعرض منحنى الخاص لكل من المفتاح السليكونى SUS وموحد شوكلى ويلاحظ من هذه الخواص أن كلا من المفتاح SUS وموحد شوكلى يعملا فى الاتجاه الأمامى عند جهد انهيار صغير يساوى 8V مقارنة بجهد الانهيار الفوقى فى الاتجاه العكسى .

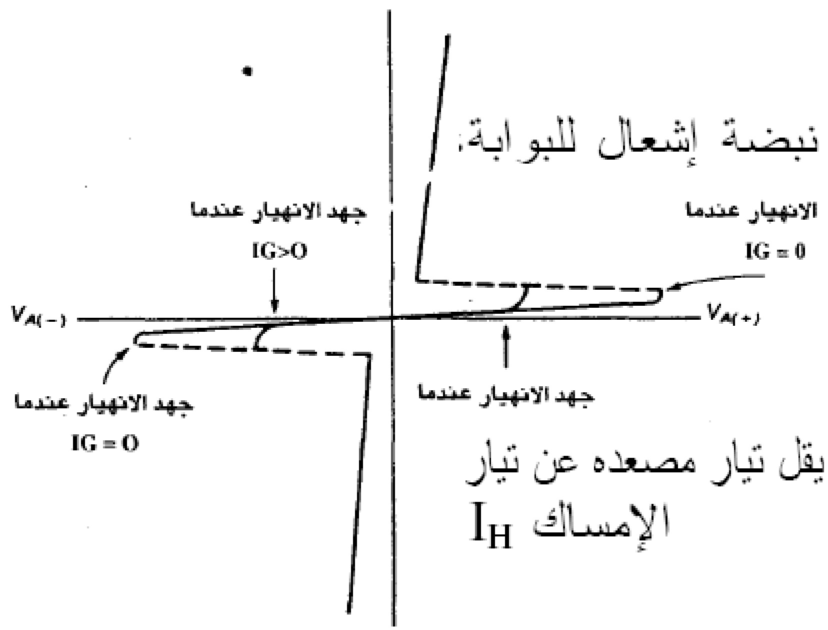


النتائج المتوقعة	الطرف السالب – للأوميتر متصل بـ	الطرف الموجب + للأوميتر متصل بـ
مقاومة أكبر من 1MΩ	المهبط Cathode	المصعد Anode
مقاومة كبيرة أكبر من السابقة وأحياناً يصعب قراءتها ببعض أجهزة الأوميتر	المصعد Anode	المهبط Cathod

الترياك Triac

يعتبر الترياك هو أحد العناصر التابعة لعائلة الثايرستور عدا أنه يتميز عن الثايرستور بأنه يسمح بمرور التيار فى الاتجاهين وللترياك ثلاثة أطراف تماما مثل الثايرستور وهـو المصـعد الأول ويمز له A_1 أو T_1 أو MT_1 والمصعد الثانى ويرمز له A_2 أو T_2 أو MT_2 والبوابة يرمـز لها G ويوجد تشابه كبير بين الترياك و الثايرستور.





يعمل الترياك عند وصول نبضة إشعال للبوابة.

يتحول الترياك لحالة القطع عندما يقل تيار مصعده عن تيار الإمساك I_H

ويوجد تشابه كبير بين الترياك والثايرستور فى الشكل والشكل (3−28) يعرض منحنى الخواص والتى يمثل العلاقة بين التيار وفرق الجهد بين مصيعدي الترياك $1G_2 > 1G_1 > 1G_0 >$

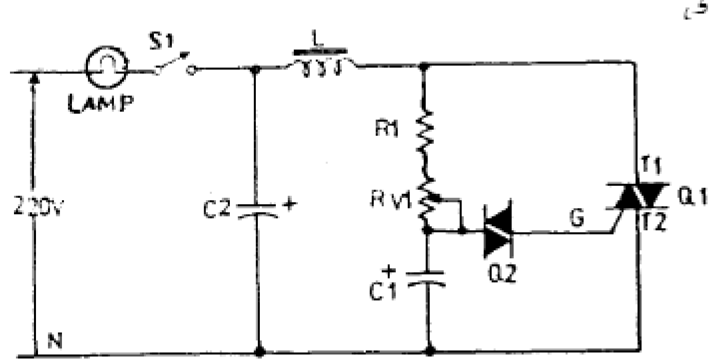
وهناك بعض القيود فى استخدام الترياك للتحكم فى الأحمال الكهربائية التى تعمل بالتيار المتـــردد مثل :

أقصى تيار تشغيل للترياك حوالى 2000A
أقصى جهد عكسى يتحمله الترياك حوالى 1000 V
أقصى ترد يعمل عنده الترياك حوالى 60 HZ

لذلك إذا كانت متطلبات الحمل تستلزم مواصفات أعلى من المواصـــفات الســـابقة فإنـــه يستخدم عدد 2 ثايرستور موصلين بالتوازى خلفا لخلف

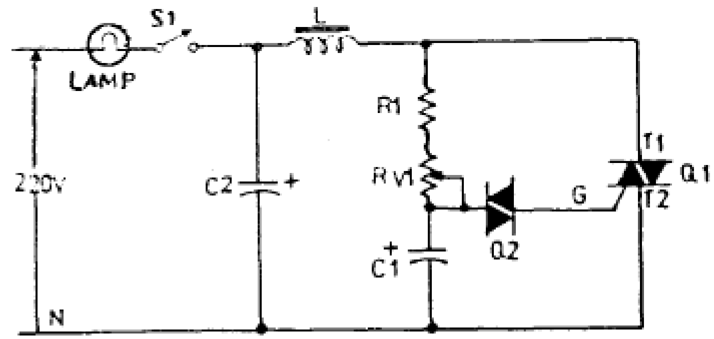
تطبيقات على استخدام الترياك فى التحكم

الشكل (3–29) يبين دائرة عملية التحكم فى شدة إضاءة مصباح كهربى باســتخدام تريـــاك يـــتم إشعالة بدائرة RC ودياك



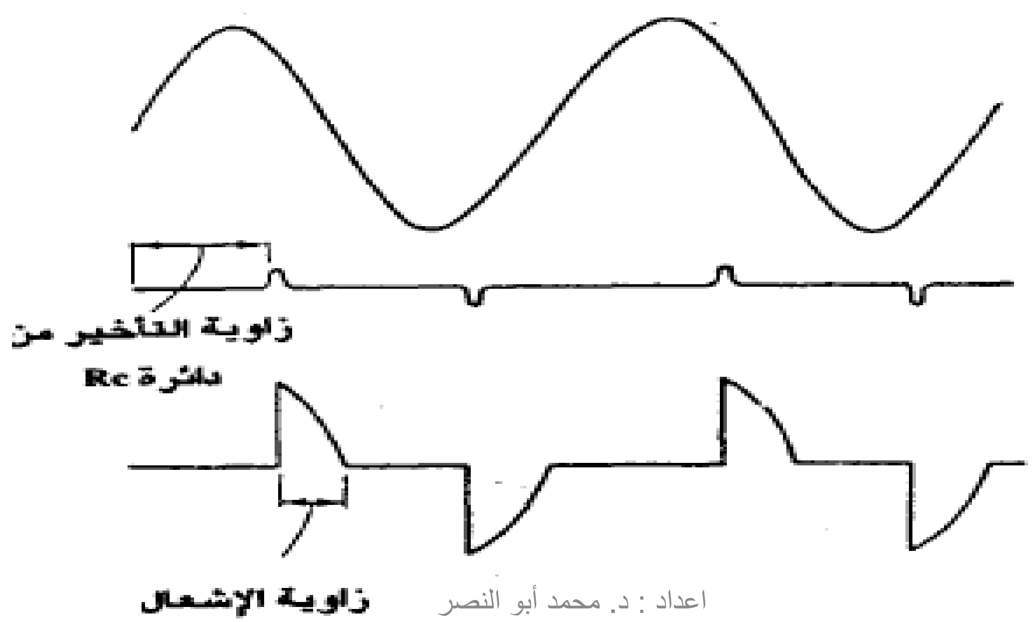
تتحكم المقاومات R_1, RV_1 والمكثف C_1 فى زاوية إشعال الترياك Q_1 ، فكلما ازدادت قيمة RV_1 ازداد اللازم لحشن المكثف C_1 للجهد المطلوب لإشعال الدياك وهو V 35 تقريبا عنـــده يشـــتعل الدياك Q_2

وتصل نبضة جهد متأخرة 5V عبر الدياك لبوابة الترياك Q_1 ، تعمل على إشعال الترياك متأخرا فيقل الجهد المتشكل على أطراف اللمبة وتنخفض شدة إضاءتها والعكس بالعكس



ويوضع المكثف C_2 والملف L_1 للحد من إحداث تداخل مع موجات الراديو RFI والنـــاتج عـــن الوصل والفصل السريع للترياك Q_1 ، عند زوايا أكبر من الصفر اقل من 180^o

والشكل (3–30) يعرض موجه جهد المصدر (أ) ونبضات الإشعال (ب) وموجه الجهد علـــى أطراف المصباح (ج)



اختبار صلاحية الترياك:

الجدول (3-16) يبين طريقة اختبار الترياك باستخدام جهاز الأوميتر .

الجدول (3-16)

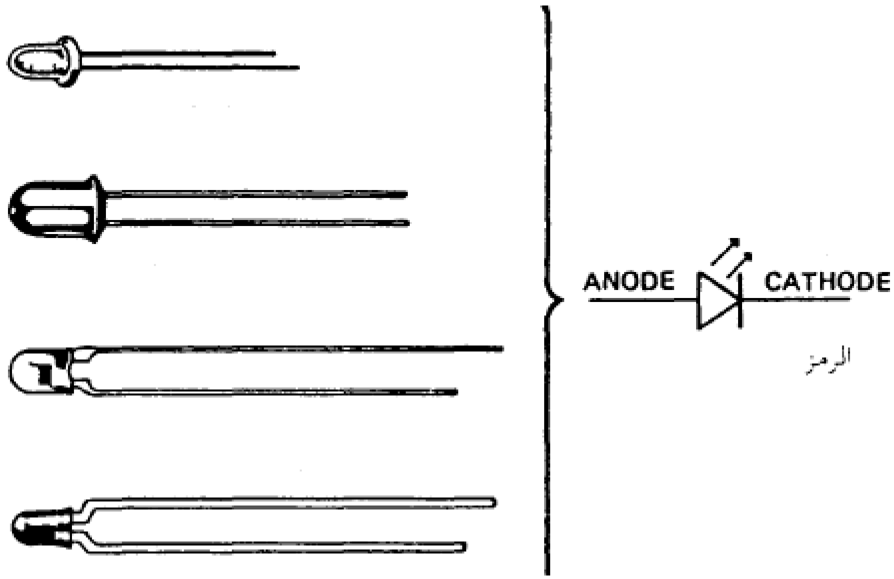
النتائج المتوقعة	الطرف السالب – للأوميتر متصل بـ		الطرف الموجب + للأوميتر متصل بـ	
مقاومة أكبر من 1MΩ وتقل كلما زاد تيار الترياك	المصعد أو المهبط		المصعد أو المهبط	
مقاومة صغيرة	المصعد 1	Anode 1	البوابة	Gate
مقاومة صغيرة	البوابة	Gate	المصعد 1	Anode 1
مقاومة كبيرة	المصعد 2	Anode 2	البوابة	Gate
مقاومة كبيرة	البوابة	Gate	المصعد 2	Anode 2

الإلكتروينات الضوئية

إن جميع أشباه الموصلات تتفاعل مع الضوء لحد ما مما دفع المصممين لتصميم بعض العناصر الإلكترونية لتعمل كحساسات ضوئية أن باعثات للضوء وسوف نتنـــاول العناصــــر الإلكترونيـــة الضوئية فى الفقرات التالية .

الثنائى الباعث للضوء LED

يشبه الثنائى الباعث للضوء LED لحد كبير اللمبات الصغيرة ويتواجد بالوان مختلفة وهو يستخدم كلمبة إشارة. والشكل (3−33) يعرض رمزا وأشكالا مختلفة للثنائيات الباعثة للضوء .



ينبعث – عادة – ضوء من LED عندما ما يكون منحازا أماميا بجهد أماميا بجهد أكبر من 2V، ما عندما يكون LED منحازا أساسيا فإنه لا يمرر تيار وبالتالى لا يضيء

وتوجد ألوان مختلفة من الثنائيات الباعثة للضوء مثل الأحمر والأصفر والبرتقـــالى والأخضـــر والأزرق وتعتمد شدة إضاءة LED على شدة التيار المار فيه والتى تتراوح ما بين (5:25 mA) وهناك نوعان من الثنائيات الباعثة للضوء تبعا لنوع الضوء المنبعث وهما :

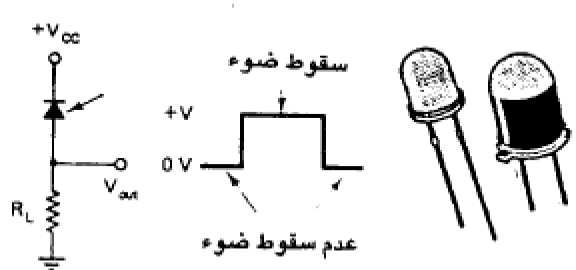
ثنائيات باعثة للضوء المرئى VLED

ثنائيات باعثة للضوء غير المرئى مثل الأشعة تحت الحمرا IRLED

وتوصل – عادة – مقاومة على التوالى مع LED لتحديد شدة التيار المـــار والجـــدول (3–17) يبين قيم المقاومة التى توصل بالتوالى مع LED عند الجهود المختلفة علما بأنه توجد ثلاثة أنواع من الثنائيات الباعثة للضوء : الأولى منخفضة القدرة تيارها (5MA) والثانية قياسية وتيارها (10 MA) والثالثة عالية القدرة وتيارها (200mA)

الثنائى الضوئى (LAD) Light Actiated Diode

يطلق على الثنائى الضوء أحيانا Photo Diode وهو يشبه الثنائى العادى عدا أنه يحتوى علـــى سطح زجاجي يسمح بسقوط الضوء على الوصلة الثنائية له ويعمل هذا الثنائى طبيعيـــا فيســـمح بمرور التيار عند تعرضه لانحياز أمامى ويمنع مرور التيار عند تعرضه لانحياز عكســـى،ولكن بمجرد تعرض الثنائى الضوئى لشعاع ضوئى فإنه يسمح بمرور التيار عنـــد تعرضـــه لانحيـــاز عكسى ويزداد التيار المار كلما زادت شدة الشعاع الضوئى الساقط عليه .



فعند تعرض الثنائى الضوئى لشعاع ضوئى خارجى يتحول لحالة الوصل فيصبح الجهد الخـــارج Vout مساويا ($Vcc - V_R$) حيث أن Vcc هو الجهد المنبع V_R هو فقد الجهـــد فـــى الثنـــائى الضوئى عند الانحياز العكسى

الترانزستور الضوئى Photo transistor

وهو يشبه الترانزستور العادى، فيماعدا احتوائه على سطح زجاجى يسمح بسقط الشعاع الضوئى على وصلة الترانزستور .

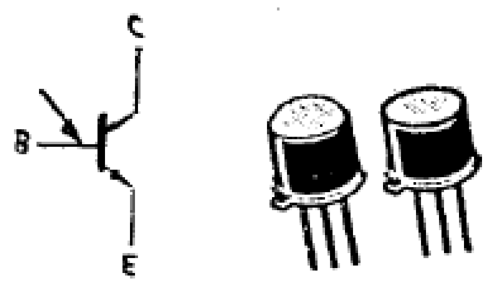
ويمكن استخدام الترانزستور الضوئى كترانزستور معتاد فى منطقة مظلمة، حيث يزداد IC (تيار المجمع) بزيادة IB (تيار القاعدة) وتكون النسبة بينهما مساوية لمعامل كسب التيار H_{FE}

إما إذا لم تستخدم قاعدة الترانزستور وتعرض الترانزستور لشعاع الضوئى فــإن ســوف يــزداد بزيادة شدة الشعاع الضوئى والعكس بالعكس

علما بأنه يوجد ترانزستور جار لنجتون ضوئى يستخدم فى دوائر القدرة، ويوجد طرازات كثيرة من الترانزستورات الضوئية على المثال Bpw 14 B ، BPW 13A وهى تستخدم كحساســات فى دوائر التحكم الإلكترونية .

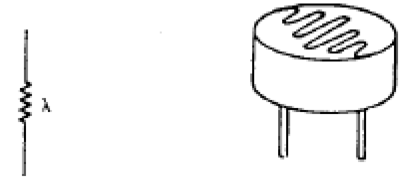
الثايرستور الضوئى Light – Aestivated SCR

يشبه الثايرستور الضوئى الثايرستور العادى فى عمله، عدا أنه يحتوى على سطح زجاجى يسمح لسقوط شعاع ضوئى على وصلته، ويعمل الثايرستور الضوئى (LASCR) كعنصر إمساك فبمجرد سقوط شعاع ضوئى عليه يحدث إشعال للثايرستور ولا يمكن إطفاء الثايرستور فى هذه الحالة إلا بتقليل تيار المصعد عن تيار الإمساك للثايرستور Holding Current ويمتاز الثايرستور الضوئى بقدرته على حمل تيارات لا يقدر على حملها كلا من الثنائى الضوئى والثايرستور الضوئى .



المقاومة الضوئية LDR

تصنع المقاومة الضوئية من مواد شبه موصلة مثل سلينيد الكادميوم، وتغطى بالسيراميك وتوضع داخل علاف زجاجي، وتتغير مقاومة IDR عند تعرضها لشعاع ضوائى فتقل المقاومة من عـــدة ميجا أوم إلى عدة كيلو أوم لذلك فهى تستخدم أحيانا فى بناء مجزئات الجهد عند الحاجة لخـــروج يعتمد على شدة الضوء . والشكل (3–38) يعرض رمزا ونموذجا للمقاومة ضوئية



جدول (3–21) يعرض خواص بعض طرازات للمقاومات الضوئية .

جدول (3–21)

المقاومة عند تعرضها لضوء شدته 1000 lux	المقاومة في الظلام	قطر عدسة المقاومة ø
300 Ω	5 M	7 mm
300 Ω	5 M	10 mm
250 Ω	5 M	15 mm
220 Ω	6 M	20 mm
200 Ω	6 M	25 mm

الخلايا الشمسية Solar Cells

تقوم الخلايا الشمسية بتوليد جهد على أطرافها يتناسب مع شدة الشعاع الضوئى الساقط عليها ويتراوح هذا الجهد من 0.6V , 0.25 للخلية الواحدة وتصل شدة التيار الخلية الواحدة إلى 50μA والشكل (3-39) يعرض نماذج مختلفة.



والجدول (3-22) يعرض خواص بعض الطرازات المختلفة للخلايا الشمسية

حيث إن :

أقصى تيار للخلية الشمسية I_{max}

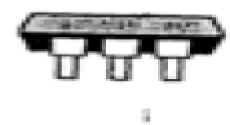
جهد أطراف الخلية الشمسية V

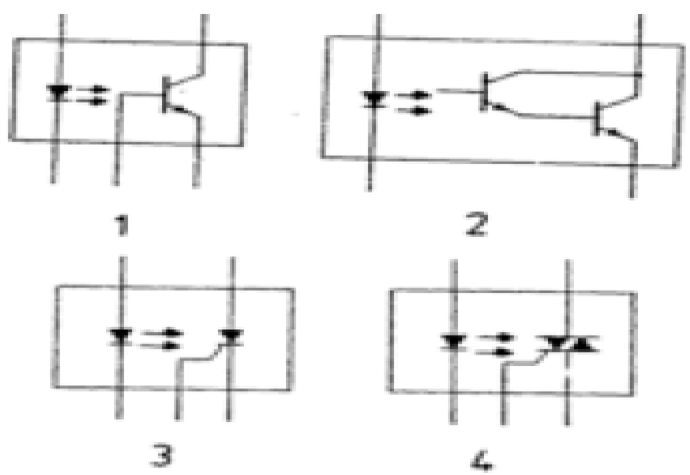
الطراز	الأبعاد mm X mm	I_{max} (mA)	V (mV)
SOL 19 – 6	19 x 6	25	450
SOL 25 – 50 p	25 x 50	300	450
SOL 50 – 50 p	50 x 50	600	450
SOL 50 – 100 p	50 x 100	1200	450
SOL 3	76 mmø	1200	450
SOL 100 – 100 p	100 x 100	2400	450

عناصر الارتباط الضوئية العازلة Photo coupled isolator

يتكون عنصر الارتباط الضوئى العازل من ثنائى باعث للضوء وعنصر إحساس ضـــوئى مثـــل مقاومة ضوئية أو ترانزستور ضوئى أو ثايرستور ضوئى .. الخ وتستخدم عناصـــر الارتبـــاط الضوئى العازلة فى عزل دوائر التحكم عن الدوائر الرئيسية لدواعى الحماية . والشكل (41-3) بعرض نموذجا لعنصر ارتباط ضوئى وعادى (أ) ونموذجا لعنصر ارتباط ضوئى بمجرى Slot







فالرموز 1 لوحدة ارتباط ضوئى يخرج ترانزستور ضوئى .

فالرموز 2 لوحدة ارتباط ضوئى يخرج ترانزستور دار لنجتون

فالرموز 2 لوحدة ارتباط ضوئى يخرج (LASCR).

فالرموز 3 لوحدة ارتباط ضوئى يخرج ترياك ضوئى .

اختيار العناصر الإلكترونية الضوئية

يتم اختيار معظم العناصر الإلكترونية الضوئية بجهاز الأوميتر، فمثلا : يمكن اختيار الثنائى الباعث للضوء IED بجهاز ألأوميتر بنفس طريقة اختيار الثنائى العادى، حيث يعطى مقاومة صغيرة عندما يكون منحازا أماميا، ويعطى المقاومة كبيرة عندما يكون منحازا عكسيا .

وكذلك يمكن اختيار الترانزستور الضوئى بالأوميتر، حيث يعطى مقاومة صغيرة بين المجمع والباعث عند تعرضه للضوء ويعطى مقاومه كبيرة بين المجمع والباعث عند حجب الضوء عنه .

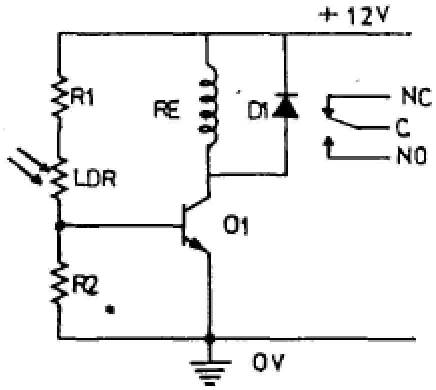
وأيضا، يمكن اختيار الثايرستور الضوئى، بالاوميتر، فيعطى مقاومة صغيرة عندما يكون منحازا أماميا، أى موجب الأوميتر يتصل بالمصعد وسالب الاوميتر يتصل بالمهبط وذلك اثناء تعرضه الضوء ويعطى مقاومة كبيرة عند حجبه عن الضوء

وأيضا يمكن اختيار المقاومة الضوئية بالأوميتر، فتعطى مقاومة صغيرة عند تعرضها للضوء ومقاومة كبيرة عند حجب الضوء عنها .

فى حين يتم اختيار الخلايا الشمسية بجهاز الفولتميتر حيث يتشكل جهد على أطرافها عند تعريضها للضوء، ويتلاشى الجهد من على أطرافها عند حجبها عن الضوء .

تطبيقات على استخدام الإلكترونات الضوئية

الشكل (3−42) يعرض دائرة عملية لخلية ضوئية تستخدم فى التحكم فى إضاءة لمبات الشوارع



تعمل المقاومات R_1, R_2 , LDR كمجزئ جهد يتحكم فى جهد قاعـــدة الترانزســـتور Q_1 وعنــد الظلام فإن المقاومة الضوئية LDR يكون لها مقاومة كبيرة جدا، وبالتالى يصـــبح جهـــد قاعـــدة التزانزستور Q_1 صفرا وتباعا يصب الترنزستور Q_1 والريلاى فى حالة فصى OFF

وفى ضوء النهار فإن المقاومة الضوئية LDR كون لها مقاومة صغيرة فتصبح المقاومة R_2 أكبر من المقاومة$(R_1 + LDR)$ وتباعا يزداد جهد قاعدة الترانزستور Q_1 ، فيتحـــول الترانزســـتور لحالة الوصل ON وتباعا يعمل الريلاى RE فيغلق الريلاى ريشته المفتوحة والموصلة بالتوالى مع المصباح فيضئ المصباح

تحديد أطراف الترانزستور :

إذا كنت لا تعرف أطراف الترانزستور فقم بعمل التالي :

١ - اعمل على تبديل الأطراف بحيث تقيس الطرف الأول مع الثاني والثالث والطرف الثاني مع الثالث وفي كل مرة سجل قيمة القراءة

٢ - أعلى قيمة للمقاومة تدل على أن الطرفين هما المجمع والباعث

٣ - إذن الطرف الثالث هو طرف القاعدة

٤ - ثبت طرف الأوميتر على القاعدة ووصل الطرف الآخر بالتناوب بين الطرفين الآخرين

٥ - اعكس أقطاب الأفوميتر وكرر الخطوة الرابعة

٦ - اقل قيمة للمقاومة تسجل مع طرف الباعث. إذن الطرف الثالث هو المجمع

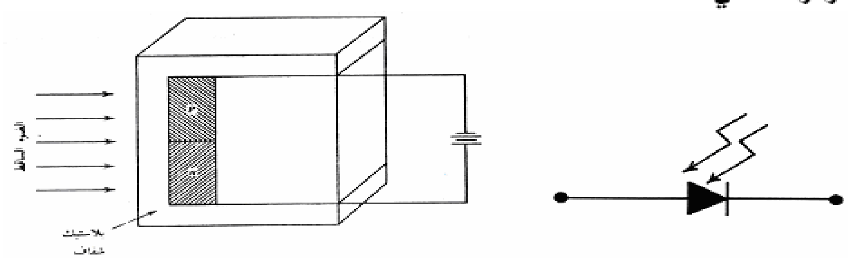
الثنائي الضوئي
Photo Diode



شكل (٥ -١) بعض أنواع الثنائي الضوئي

لقد لاحظنا عند دراستنا لأشباه الموصلات أن الحرارة تعتبر مصدر طاقة تستطيع توليد أزواج من الالكترونات والفجوات. وقد وجد أن الضوء أو الأشعة الكهرومغناطيسية هي مصدر آخر للطاقة تستطيع توليد أزواج من الالكترونات والفجوات .

التركيب الداخلي والرمز المنطقي :



التركيب الداخلي   الرمز المنطقي

شكل (٥ -٢) يوضح الرمز المنطقي والتركيب الداخلي للثنائي الضوئي

طريقة العمل :

عند سقوط الضوء على دايود منحاز انحيازا عكسيا يزداد التيار العكسي المار خلاله. ويعتمد التيار العكسي على شدة الضوء الساقط فكلما زادت شدة الإضاءة تحررت أزواج من الالكترونات والفجوات وقلة مقاومة منطقة الاستنزاف وبالتالي يمر التيار .

تطبيقات الدايود الضوئي :

توجد تطبيقات كثيرة للدايود الضوئي منها :

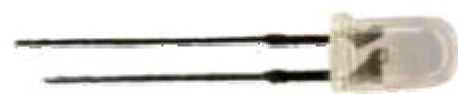
١ - تحويل رموز البطاقات في الحاسبات الالكترونية إلي إشارات كهر بائية.

٢ - كاشف للضوء.

٣ - وهناك نوع من الدايودات الضوئية يسمى دايود الخلية الضوئية يقوم بتحويل الضوء إلي طاقة كهر بائية ومن أهمها الخلايا الشمسية (Solar Cell) والتي يكثر استعمالها في الأقمار الصناعية وسفن الفضاء.

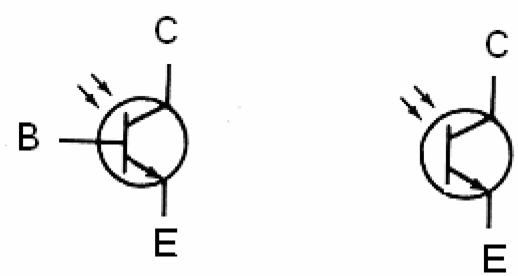
الترانزستور الضوئي

Photo Transistor



الرمز المنطقي :

كما نلاحظ من الشكل (٥ -٤) فان الترانزستور الضوئي يمكن أن يوجد بثلاثة أطراف وتكون القاعدة هنا لزيادة حساسية الترانزستور للضوء . ويمكن أن يكون بطرفين فقط.

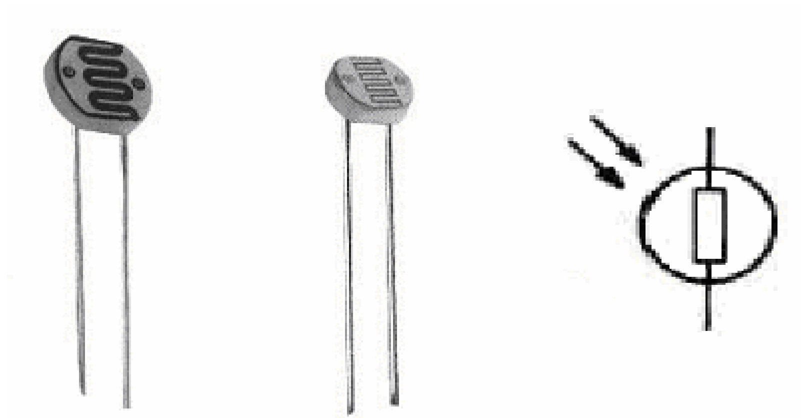


شكل (٥ -٤) الرمز المنطقي للترانزستور الضوئي

المقاومة الضوئية

Photo resistors

الرمز المنطقي :



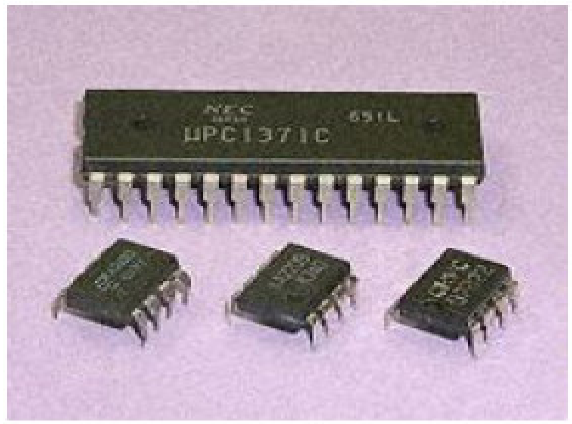
شكل (٥ -٦)

الدوائر المتكاملة

Integrated Circuit

الدوائر المتكاملة عبارة عن بلورة صغيرة من السيلكون تدعى رقاقة Chip تحتوي على قطع كهربائية مثل الترانزستور ، الدايودات ، مقاومات ، ومكثفات.

هذه القطع الكهربائية متصلة داخليا مع بعضها داخل الرقاقة مكونة دائرة كهر بائية. توضع الرقاقة على معدن أو صندوق بلاستيك وتلحم الوصلات إلى نقاط أرجل خارجية (external pins) لتكون الدائرة المتكاملة IC . تختلف الدائرات المتكاملة عن غيرها من الدوائر الإلكترونية المؤلفة من قطع قابلة للفصل في أن قطع الدائرة المتكاملة لا يمكن فصلها ، والدائرة الموجودة داخل IC يمكن الوصول إليها فقط عن طريق الأرجل الخارجية

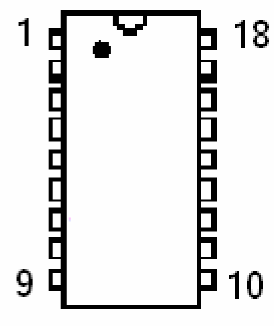


شكل (٦ -٢)

كل دائرة متكاملة لها رمز معين مطبوع على سطح صندوقها لمعرفتها ويقوم البائع بنشر كتاب للتعليمات (Data Sheets) يحتوي على المعلومات المتعلقة بالمنتجات المختلفة وذلك وفقا لرقمها .

تمييز الأطراف :

شكل الدارات المتكاملة ، يتضمن في إحدى جهاته حفرة في الوسط ، تشير إلى الجهة العليا ، وإلى يسارها نقطة أو حفرة صغيرة ، تسمى نقطة الدليل ، لأنها تدل إلى وجود الطرف واحد ، وموقع باقي الأطراف ، يبدأ بالعد بعكس عقارب الساعة كما بالشكل (٦ -٣).



شكل (٦ -٣)

فوائد الدائرة المتكاملة IC :

تمتاز الدائرة المتكاملة IC بالتالي :

١ - صغر حجمها.

٢ - انخفاض تكاليفها.

٣ - استهلاك منخفض للقدرة.

٤ - سريعة مما يجعلها تناسب العمليات عالية السرعة.

٥ - استخدامها يقلل وصلات الأسلاك الخارجية.

تصنيف الدوائر المتكاملة :

أ - تصنف الدوائر المتكاملة حسب طبيعة عملها إلى :

١ - خطية Linear

٢ - رقمية Digital

الدوائر المتكاملة الخطية تتعامل مع إشارات متصلة لتعطي وظيفة الكترونية كما في المكبرات ومقارنات الجهد . بينما تتعامل الدوائر الرقمية مع إشارات ثنائية الحالة (binary) .

ب - تصنيف الدوائر المتكاملة الرقمية حسب التكثيف :

١ - الدوائر المتكاملة قليلة التكثيف SSI (Small Scale Integration) :

هذه الدارات هي أقل الدوائر المتكاملة الرقمية تعقيدا. وتحتوي على ما يصل إلى 12 بوابة منطقية أو ما يعادلها .

٢ - الدائرة المتكاملة متوسطة التكثيف MSI (Medium Scale Integration) :

وتحتوي من 100-12 بوابة منطقية أو ما يعادلها وهي تقوم بوظائف أكثر تعقيدا من SSI ومن ضمنها العدادات (Counters) وفاك الشفرة Decoders والمشفر Encoders والذاكرات الصغيرة Small memories والدوائر الحسابية Arithmetic circuits

٣ - الدوائر المتكاملة عالية التكثيف LSI (Large Scale Integration) :

هذه الدوائر تحتوي على أكثر من 100 بوابة أو ما يعادلها. وتحتوي على ذاكرات كبيرة وميكروبرسسورات (Microprocessors)

٤ -الدوائر المتكاملة عالية التكثيف جدا VLSI (Very Large Scale Integration) :

تحتوي هذه الدارات على آلاف البوابات الرقمية أو ما يعادلها ، وذلك في صندوق واحد وعلى رقاقة واحدة(Single chip).

عائلات الدوائر المتكاملة الرقمية (Digital Integrated Circuits Families) **:**

كذلك تصنف الدوائر المتكاملة الرقمية إلى عائلات حسب القطع الإلكترونية المستخدمة في تركيبها ومن العائلات المعروفة تجاريا ما يلي :

TTL : Transistor - Transistor Logic
ECL : Emitter – Coupled Logic
MOS: Metal – Oxide Semiconductor
CMOS: Complementary Metal – Oxide Semiconductor
I^2L : Integrated – Injection Logic

عائلة TTL تستخدم في وظائف رقمية عديدة وهي أكثر عائلات المنطق شيوعا

عائلة ECL تستخدم في التنظيم الذي يتطلب سرعة عالية

عائلة MOS ، I^2L تستخدم في الدوائر التي تتطلب كثافة قطع عالية

عائلة CMOS تستخدم في النظم التي تتطلب استهلاك قليل للطاقة

ويعبر عن TTL عن طريق ترقيمها بـ 74XXX أو 54XXX حيث إن الأولى تستخدم ضمن مدي حراري واسع لذلك تناسب الاستخدامات العسكرية . والثانية (74XXX) مداها الحراري اقل وتصلح للاستخدام الصناعي .

ويعبر عن ECL عن طريق ترقيمها بـ 10XXX مثل 10107 , 10102 . وكذلك CMOS تميز عن طريق المتسلسلة 40XX مثل 4050 و 4002 .

من الملاحظ أن نفس العائلة للدائرة المتكاملة يمكن أن يكون لها أكثر من متسلسلة. كما أن متسلسلة 54 ومتسلسلة 74 ليست إنتاج شركة واحدة وإنما عدد من الشركات .

وكذلك نلاحظ إضافة أحرف إلى الأرقام وهي تعني مثلا :

74LSXX فالحروف تعني قدرة منخفضة Low power schottky

47Hxx تعمل بسرعة عالية High speed

74Lxx حرف L يعني العمل في الدوائر التي تتطلب قدرة منخفضة Low power

عيوب الدوائر المتكاملة :

١ - التأثر الكبير بدرجة الحرارة : فهي تعمل في درجة حرارة تتراوح بين 80 – 30 درجة مئوية وبالتالي فانه من اللازم استخدام وسيلة للتبريد عند العمل على قدرات عالية.

٢ - صعوبة تصنيع الملفات داخل الدوائر المتكاملة نظرا لكبر حجم الملف المصنع باستخدام طريقة تصنيع الدوائر المتكاملة وهو غير مناسب من ناحية المساحة المستخدمة

٣ - صعوبة تصنيع مكثفات ذات سعة كبيرة نظرا لحجمها الكبير.

كتاب التعليمات Data Sheets :

عن طريق كتاب التعليمات يمكن الحصول على معلومات محددة عن خصائص التشغيل لدائرة متكاملة معينة ومعظم كتب التعليمات مجزأة إلى ثلاثة أقسام رئيسة :

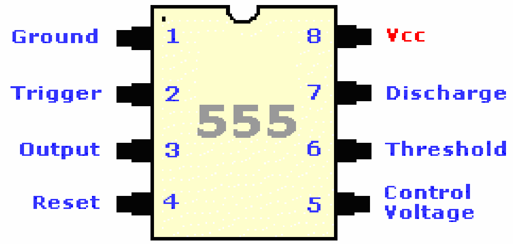
١ - ظروف تشغيلية ينصح بها Recommended Operating Conditions

٢ - خصائص كهر بائية Electrical Characteristics

٣ - خصائص تبديلية Switching Characteristics

تطبيقات عملية :

الدائرة المتكاملة 555 :

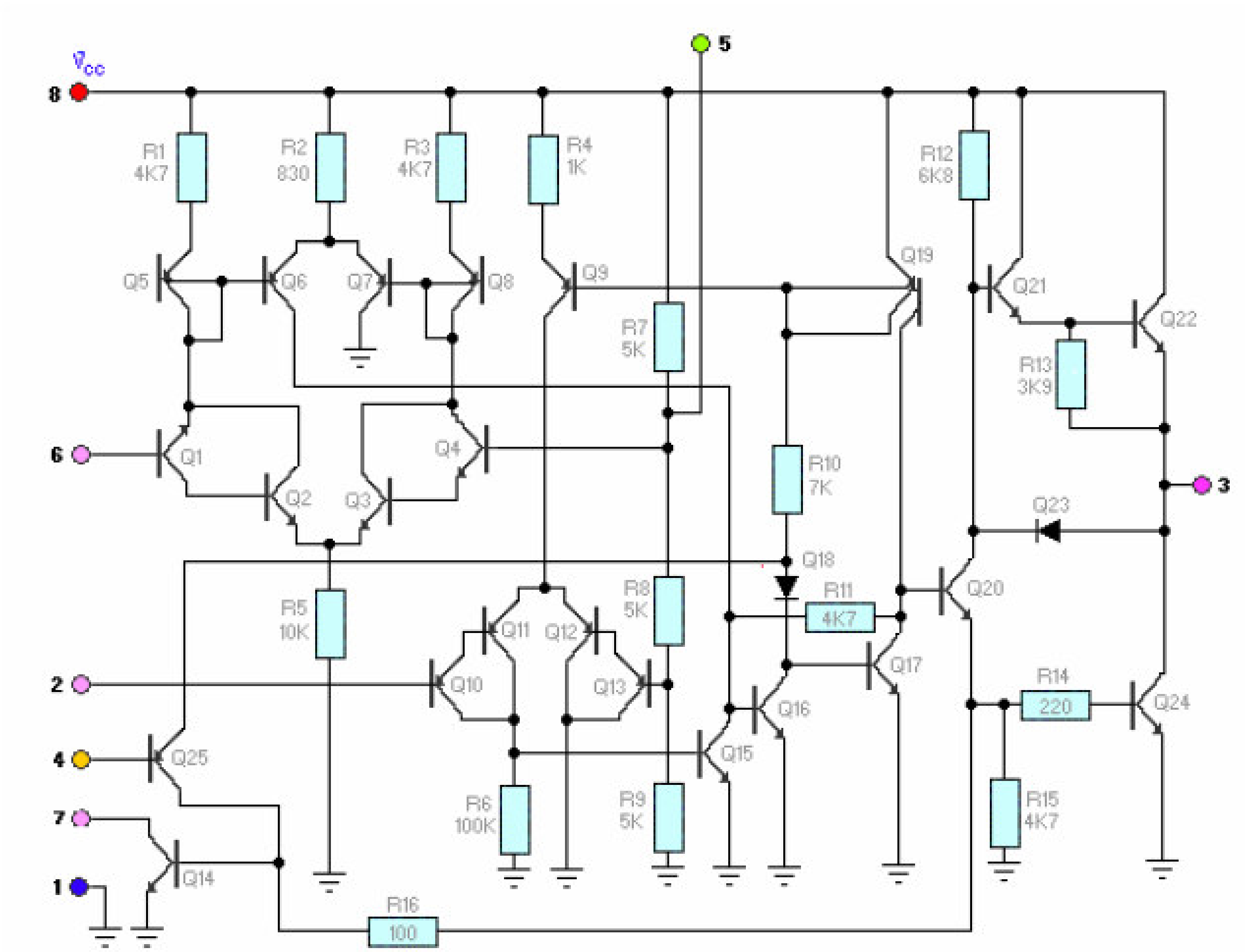


شكل (٦ -٤)

إن الدائرة المتكاملة ٥٥٥ تعمل كمؤقت وذلك بإضافة بعض العناصر إلى الأرجل. حيث يتغير الخرج بين وضعين مختلفين للجهد عبر الزمن.وبالتالي يكون خرج هذه الدائرة عبارة عن موجة مربعة.
الشكل (٦ -٤) يوضح شكل الدائرة المتكاملة ذات ثمانية أرجل تعرف كالتالي:

١ - الأرضي Ground
٢ - القادح Trigger
٣ - الخرج Output
٤ - تصفير العداد Reset
٥ - جهد التحكم Control Voltage
٦ - جهد العتبة Threshold
٧ - تفريغ Discharge
٨ - جهد التغذية VCC

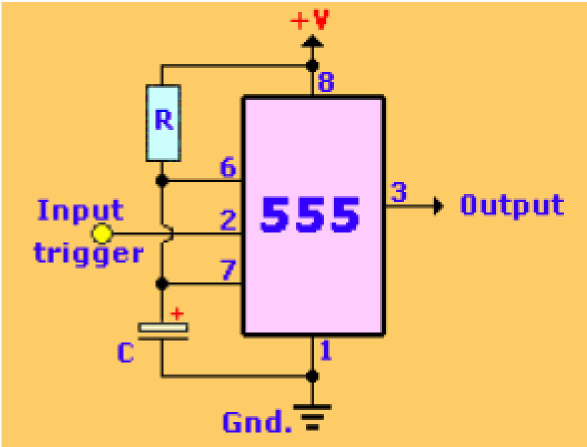
الدائرة المتكاملة 555 ، عبارة عن شريحة ذات ثماني أطراف وتعمل كمؤقت ، لو أردت بناءها بنفسك ، فأنت بحاجة لوصل ما يقارب العشرين ترانزستور، وست عشرة مقاومة ، وثلاثة دايودات. كما تبين الدائرة شكل (٦ -٥) التركيب الداخلي للدائر المتكاملة 555

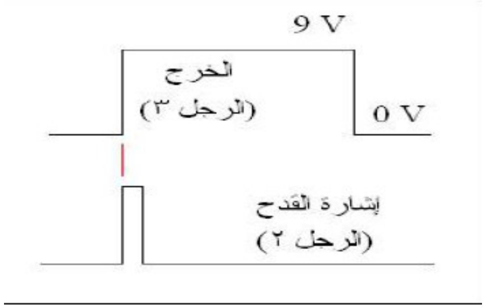

Vcc
8
5
6
2
4
7
1
3
R1 4K7
R2 830
R3 4K7
R4 1K
R5 10K
R6 100K
R7 5K
R8 5K
R9 5K
R10 7K
R11 4K7
R12 6K8
R13 3K9
R14 220
R15 4K7
R16 100
Q1
Q2
Q3
Q4
Q5
Q6
Q7
Q8
Q9
Q10
Q11
Q12
Q13
Q14
Q15
Q16
Q17
Q18
Q19
Q20
Q21
Q22
Q23
Q24
Q25

طريقة عمل الدائرة المتكاملة 555 :

إن الدائرة المتكاملة تعمل كمؤقت بإضافة بعض العناصر إلى أرجل IC حيث يكون الخرج عبارة عن موجة مربعة . وهنالك نوعان من المؤقتات :

١ - المؤقت وحيد الاستقرار

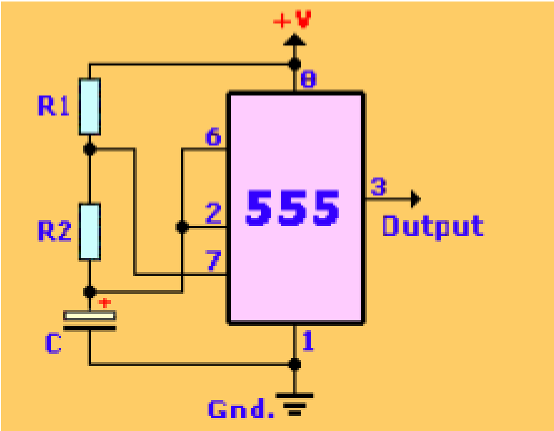




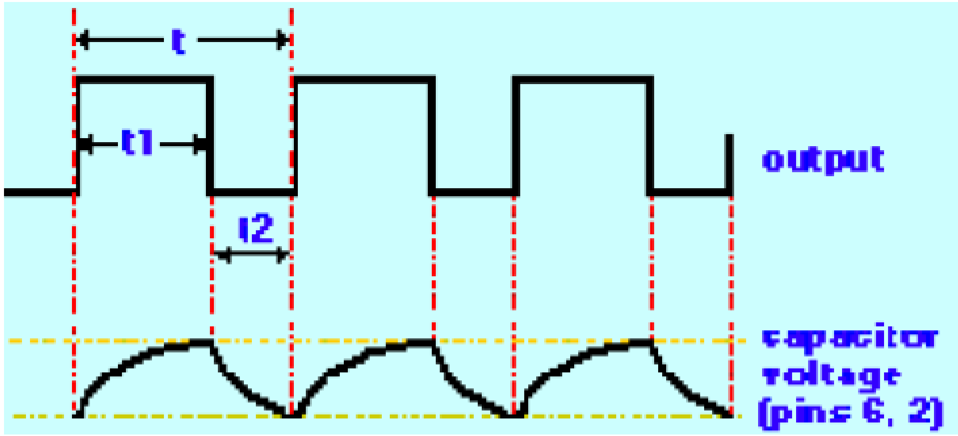
يكون خرج المؤقت أحادي الاستقرار إما أن يكون في أعلى قيمة له ويستقر على هذا الوضع طالما أن الدخل على الرجل رقم 2 لم يتغير وعندما تأتي نبضة سالبة لفترة زمنية صغيرة يتغير جهد الخرج من أعلى قيمة لأقل قيمة ويبقى لفترة زمنية تعتمد على قيمة المقاومة R والمكثف C ثم يعود إلى وضعه الطبيعي .ويمكن حساب الفترة الزمنية التي يتغير عندها الجهد بواسطة المعادلة :

$$T=1.1 \times R \times C$$

٢ - المؤقتات عديمة الاستقرار:



في الدائرة شكل (٦ -٨) نلاحظ أن الطرف رقم 2 متصل بطرف المكثف والمقاومة ومعنى ذلك أن الدخل سيكون عبارة عن جهد شحن وتفريغ المكثف لذلك سوف يتغير جهد الخرج للمؤقت من القيمة العليا إلى القيمة السفلى باستمرار ليكون الخرج عبارة عن موجة مربعة



اعداد : د. محمد أبو النصر